www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

4e JAARGANG NUMMER 5 MEI 1939

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

LUCHTGEKOELDE ZENDBUIZEN

door M. van de BEEK. 621.396.615.16.032.42

Bij zendbuizen met een anodedissipatie van meer dan ongeveer 1 kW is het noodig de anode te koelen. In het gebied tusschen 1 en 10 kW kan hiertoe met voordeel luchtkoeling worden toegepast. Wel is waar is deze minder effectief dan waterkoeling, die voor nog grootere vermogens in aanmerking komt; zij heeft echter het voordeel, dat minder constructieve moeilijkheden onstaan door de hooge spanning van de anode. In dit artikel worden de gegevens besproken, waaruit de werking van een luchtgekoelde radiateur berekend kan worden; als practische toepassing daarvan wordt behandeld de koeler, die ontwikkeld werd om de waterkoeling van de zendbuis PA 12/15 door luchtkoeling te vervangen. (Voor andere zendbuizen werd een dergelijke constructie tot nu toe niet uitgewerkt.)

Inleiding

Een zendbuis heeft de taak om gelijkstroomenergie in hoogfrequente wisselstroomenergie om te vormen. De techniek is hierbij de weg gevolgd, steeds grootere vermogens met behulp van een enkele zendbuis te genereeren. Aangezien het omzetten van gelijkstroomenergie in wisselstroomenergie altijd gepaard gaat met een zeker percentage verlies [1]), gaat in de zendbuis zelf een belangrijke energie verloren en wel hoofdzakelijk in de vorm van verwarming van de anode. Een kleinere hoeveelheid warmte wordt verder door de gloeidraden en door de roosters ontwikkeld.

Bij de oorspronkelijke constructie van de zendbuizen, waarbij het electrode-systeem geplaatst was in een glazen ballon, moest vrijwel de geheele ontwikkelde warmte door de anode in de vorm van straling worden afgegeven. Voor een gegeven temperatuur van de anode is de uitgestraalde warmte evenredig met het oppervlak.

Nu is aan de vergrooting van het stralende oppervlak een grens gesteld, eenerzijds door de afmetingen van de glazen ballon, die practisch een zekere waarde niet kunnen overschrijden, anderzijds door de eischen van de zendtechniek, welke streeft naar een compacte opstelling van alle onderdeelen. Voor korte golven wordt het zelfs onmogelijk om zendbuizen van groote afmetingen te gebruiken, omdat het rendement van een oscillator sterk achteruit gaat, indien de afmetingen van de zendbuizen grooter zijn dan bijv. enkele procent van de golflengte.

De practische grens voor zendbuizen, die de gedissipeerde warmte door straling moeten afgeven, ligt bij een totale dissipatie van ongeveer 1250 W. Deze kan bijv. bestaan uit een anodedissipatie van 1000 W en een gloeidraaddissipatie van 250 W. Indien ook met de dissipatie van het schermrooster rekening moet worden gehouden, dan is de toelaatbare anodedissipatie nog lager dan 1000 W.

Voor zeer groote vermogens is men afgestapt van de geheel glazen zendbuizen en heeft de anode uitgevoerd in de vorm van een metalen kan, die boven is afgesloten door een glazen kop, waarin de bevestigingen en de doorvoeren van de andere electroden zijn aangebracht. Bij deze constructie kan de anode met behulp van water worden gekoeld, waardoor het ontwikkelde vermogen bij dezelfde grootte van de buis ongeveer op het twintigvoudige kan worden gebracht.

Het toepassen van waterkoeling is echter niet altijd mogelijk, aangezien op vele plaatsen (bijv. aan boord van schepen, in droge hooggelegen landstreken enz.) de noodige hoeveelheid koelwater niet ter beschikking staat. Verder brengt de waterkoeling verschillende complicaties mede, omdat de anode op een hooge spanning staat, terwijl het koelwater met aardpotentiaal uit de kraan komt. Langs de koelwaterleiding is geen grooter spannings-

[1]) Het rendement van een zendbuis kan, al naar gelang van de instelling, 30 tot 80% bedragen; zie hierover het artikel van J. P. Heyboer, Zendpenthoden, Philips techn. T. 2, 257, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

gradient toelaatbaar dan ongeveer 1 kV/m en aangezien bij groote zendbuizen anodespanningen tot 20 kV worden toegepast, moet men het water met behulp van lange rubberslangen toevoeren. In verband met deze complicaties is het gebruik van waterkoeling pas verantwoord, wanneer zeer groote vermogens met een enkele buis moeten worden gegenereerd; de kleinste watergekoelde zendbuis van Philips (type TA 10/5000) is dan ook geconstrueerd voor een totale dissipatie van 8000 W.

Voor vermogens tusschen 1250 en 8000 W, waar geen van de tot nu toe besproken koelingsmethoden geheel bevredigend is, kan een bruikbare schakel worden verkregen door geforceerde luchtkoeling toe te passen. Wel is waar is de overgang van warmte tusschen metaal en lucht minder goed dan van metaal op water, maar daar staat tegenover, dat een installatie voor luchtkoeling aanmerkelijk eenvoudiger en goedkooper is en tevens minder onderhoud vereischt dan een koelwaterinstallatie.

Wij willen in dit artikel de koelende werking van een luchtstroom berekenen om daarna een beschrijving te geven van een uitgevoerde installatie voor geforceerde luchtkoeling van een zendbuis.

Warmte-afvoer door koelende lucht

Bij de in dit artikel behandelde koelinrichtingen worden luchtstroomen toegepast, die een groote snelheid maar een betrekkelijk kleine overdruk hebben (hoogstens 1% van de druk van de buitenlucht). Daarom kunnen we aannemen, dat de verwarming geschiedt bij constante druk en we te maken hebben met de soortelijke warmte bij constante druk, welke vrijwel precies 1 kilojoule/kg bedraagt [2]).

Indien we een vermogen van p kW willen afvoeren met behulp van een luchtstroom van q kg/min, dan geldt voor de temperatuurverhooging van de lucht $t_2 - t_1 = \Delta t$ de betrekking

$$q \cdot \Delta t = 60\ p$$

en dus

$$q = \frac{60\ p}{\Delta t} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

In *fig. 1a* is voor verschillende waarden van Δt de relatie tusschen het af te voeren electrisch vermogen p en het per minuut benoodigde gewicht q aan de lucht uitgezet. Om het aan te voeren luchtvolume te berekenen, moet men het gewicht deelen door het soortelijke gewicht γ van de lucht bij de inlaattemperatuur t_1. Het verband tusschen gewicht en volume voor een druk van 76 cm kwik is in fig. 1*b* aangegeven en kan ook gemakkelijk worden berekend met behulp van de onderstaande tabel.

$t_1 =$	0°	10°	20°	30°	40° C
$\gamma =$	1,28	1,24	1,20	1,16	1,12 kg/m³

Uit fig. 1*a* en *b* kunnen we nu direct aflezen, hoeveel kubieke meter lucht we per minuut noodig hebben om een bepaald vermogen af te voeren bij een bepaalde inlaattemperatuur en een bepaalde temperatuurverhooging van de lucht.

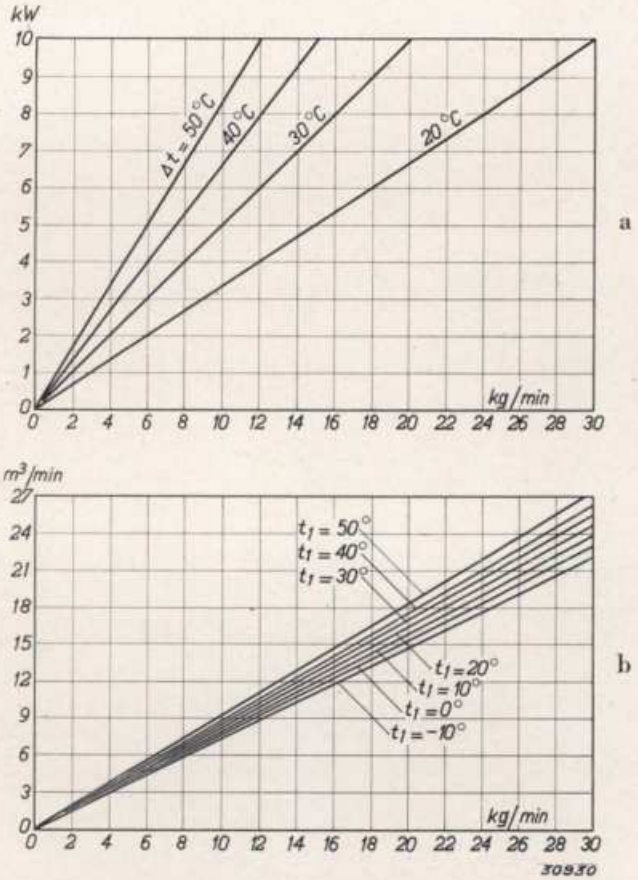


Fig. 1. a) Het door een koelende luchtstroom afgevoerd vermogen (kW) als functie van de luchthoeveelheid (kg/min) bij verschillende temperatuurverhoogingen Δt van de lucht in de koeler.
b) Verband tusschen volume (m³) en gewicht (kg) van de lucht bij verschillende temperaturen (°C).

Warmte-overgang van metaal op lucht

Indien lucht van een zekere temperatuur strijkt langs een metalen oppervlak van hoogere temperatuur, dan zal een bepaalde warmte-overgang plaats hebben van het metaal naar de lucht. Aangezien warmte-afvoer door straling bij de in aanmerking komende temperaturen geen rol speelt hebben we alleen te maken met warmte-afleiding door de lucht.

[2]) De soortelijke warmte van lucht is $C_p = 0{,}241$ kgcal/kg, terwijl 1 kilojoule = 0,239 kgcal.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Deze warmte-overdracht is, per eenheid van tijd genomen, evenredig met het temperatuurverschil en met de grootte van het aanrakingsoppervlak. Tevens zal de warmte-overdracht moeten afhangen van het karakter van de aanraking, waarbij de aard van het oppervlak en de snelheid van de lucht langs het oppervlak een rol spelen. De invloed van deze laatste twee factoren wordt in het algemeen in rekening gebracht door een empirische coëfficient van warmte-overgang: α.

Zoodoende komen we tot de volgende uitdrukking voor de totale warmte-overdracht per tijdseenheid:

$$p = \alpha F (t - \delta), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

waarbij α = coëfficient van warmte-overgang (zie later),
F = aanrakingsoppervlak van de lucht,
t = temperatuur van de metalen wand,
δ = gemiddelde temperatuur van de lucht ($\delta = t_1 + {}^1/_2\, \Delta t$).

Er zij op gewezen, dat deze uitdrukking alleen geldt voor een evenwichtstoestand, waarbij de temperaturen constant zijn en de afgevoerde warmte overeenkomt met de dissipatie p van de zendbuis.

Neemt men in aanmerking, dat volgens verg. (1)

$$\delta = t_1 + {}^1/_2\, \Delta t = t_1 + {}^1/_2\, 60\, p/q,$$

dan kan men uit verg. (2) δ elimineeren en verkrijgt:

$$p\,(1 + 30\,\alpha\, F/q) = \alpha F (t - t_1) \quad . \quad . \quad (3)$$

Voor een gegeven koeler, waar we een bekende hoeveelheid lucht doorvoeren van gegeven begintemperatuur, geeft verg. (3) aan, welk vermogen maximaal kan worden gedissipeerd, indien de buitenwand van de anode een bepaalde temperatuur t niet mag overschrijden.

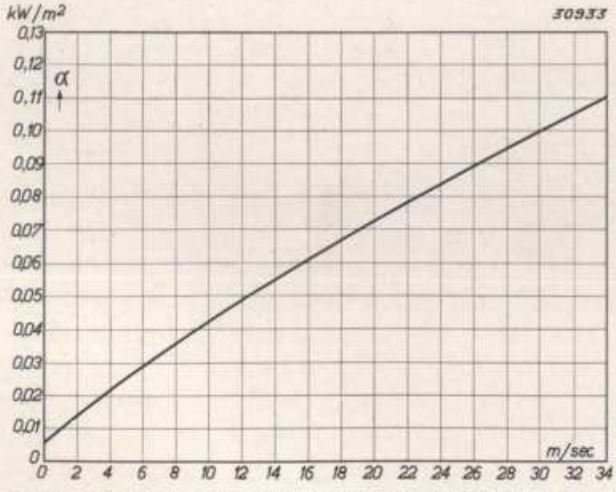


Fig. 2. Coëfficient van warmte-overgang in kW/m² van een plaat met gewalst oppervlak naar lucht als functie van de luchtsnelheid.

Fig. 3. De zendbuis PA 12/15, omgeven door een koeler, door welke van beneden naar boven een luchtstroom wordt geblazen.

We zullen nu nader ingaan op de *coëfficient van warmteovergang* α. Zooals in het bovenstaande reeds werd vermeld, is α afhankelijk van de soort van het aanrakingsoppervlak en van de snelheid, waarmee de lucht over het oppervlak heen strijkt. In de literatuur [3]) worden de volgende waarden

[3]) H. Gröber, Einführung in die Lehre der Wärmeübertragung 1920, zie ook Hütte, bd. 1, blz. 457, 1925. De waarden van α zijn door Gröber aangegeven in kgcal/m²uur doch zijn hier omgerekend in watt/m² (1 W/m² = = 0,86 kgcal/m²uur).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

van α aangegeven voor verschillende snelheden w van de lucht:

Aard van het oppervlak	$w < 5$ m/sec	$w > 5$ m/sec
gepolijst	$5{,}58 + 3{,}88\,w$ (watt/m²)	$7{,}12\,w^{0{,}78}$ (watt/m²)
gewalst	$5{,}82 + 3{,}83\,w$ („)	$7{,}14\,w^{0{,}78}$ („)
geruwd	$6{,}17 + 3{,}80\,w$ („)	$7{,}17\,w^{0{,}78}$ („)

Uit bovenstaande uitdrukkingen blijkt, dat de aard van het oppervlak voor snelheden grooter dan 5 m/sec slechts een zeer kleine invloed heeft op het afgevoerde vermogen. In *fig. 2* is voor een gewalst oppervlak de coëfficient α uitgezet als functie van de luchtsnelheid w.

Berekening van een voorbeeld

We zullen nu aan de hand van bovenstaande uiteenzettingen berekenen, welk vermogen kan worden afgevoerd uit een door Philips ontwikkelde zendbuis met luchtkoeling, zooals afgebeeld is in *fig. 3*. Het betreft de zendbuis PA 12/15 [4]), welke in zijn normale uitvoering met water wordt gekoeld en dan 12 kW kan dissipeeren. De omhullende cylinder voor waterkoeling is nu echter vervangen door een radiateur met koelribben voor geforceerde luchtkoeling. Deze koeler is in *fig. 4* afzonderlijk afgebeeld.

De figuren 3 en 4 laten de bouw van het geheel duidelijk zien. De koellucht wordt van beneden naar boven gevoerd door de gleuven van de koeler en stroomt boven vrij naar buiten. Hierbij strijkt de lucht nog langs de glazen kop, door welke de toevoerdraden van de kathode en van de roosters naar buiten zijn gevoerd.

Dit is een punt, waarbij het voordeel van luchtkoeling sterk naar voren komt. De glazen ballon van een zendbuis wordt o.m. verhit door hoogfrequente velden, die vooral op korte golven diëlectrische verliezen in het glas veroorzaken. Hierbij kan zelfs het verweekingspunt van het glas worden bereikt. Verder treedt bij korte golven een verwarming van de toeleidingen op door de groote capacitieve stroomen, welke een gevolg zijn van de capaciteiten tusschen de electroden. Een te groot temperatuurverschil tusschen de toevoerdraad en het glas zou aanleiding kunnen geven tot springen van de verbinding tusschen metaal en glas. Een of ander stelt vaak een grens aan de kortste golven, waarop een bepaalde zendbuis kan worden gebruikt; om verder te komen zou men moeten overgaan tot een afzonderlijke koeling van de doorvoerplaatsen, hetgeen groote technische moeilijkheden met zich mee zou brengen, omdat de doorvoerplaatsen een andere spanning hebben dan de anode.

Bij luchtkoeling is daarentegen geen aparte koeling der doorvoerplaatsen noodig, omdat de vrij uitstroomende lucht nog voldoende koelende werking heeft. Natuurlijk is de koeling minder intensief dan die door een radiateur, en de temperatuur van de doorvoerplaatsen zal eenigszins hooger liggen dan de temperatuur van de uittredende lucht.

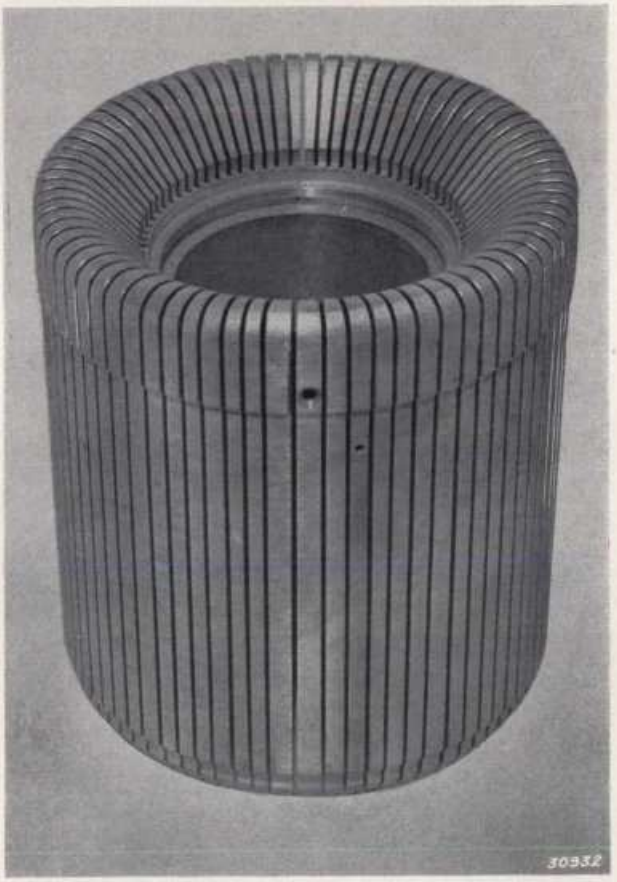


Fig. 4. Ribbenconstructie van de radiateur.

De koeler bestaat uit 76 ribben, waartusschen gleuven voor de luchtstroom zijn uitgespaard. Iedere gleuf is 2 mm breed, 47,5 mm diep en 220 mm lang. De doorsnede van de gleuf is dus 0,95 cm² en de totale doorsnede voor de luchtstroom is $76 \times 0{,}95 = 72$ cm².

Door deze koeler wordt nu een luchtstroom gevoerd van 14 m³/minuut. De gemiddelde luchtsnelheid is dan $\frac{14}{60 \cdot 0{,}0072} = 32{,}4$ m/sec. Vanwege deze groote luchtsnelheid hebben we zeker te doen met turbulente en niet met laminaire luchtstrooming. Daarom kan worden ondersteld, dat de lucht ook met dezelfde snelheid langs de wanden van de koeler stroomt (terwijl bij laminaire strooming de snelheid naar de wand toe geleidelijk zou afnemen). Uit fig. 2 vinden we voor een luchtsnelheid van 32,4 m/sec een bijbehoorende waarde $\alpha = 0{,}107$ kW/m². Het wandoppervlak van de koeler bedraagt per spleet 210 cm², dus in het

[4]) Deze zendbuis werd in Philips techn. T. herhaaldelijk genoemd en bijv. in jaarg. **2**, blz. 264, 1937 in beeld gebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

geheel $F = 76{\cdot}210\ \text{cm}^2 = 1{,}6\ \text{m}^2$. Bepalen we ons nu voor de lucht tot een inlaattemperatuur $t_1 = 20\ ^\circ\text{C}$ dan is het soortelijk gewicht van de lucht 1,2 kg/m³ en het gewicht van de toegevoerde lucht dus $14{\cdot}1{,}2 = 16{,}8$ kg/min. Stellen we verder de toe te laten temperatuur van de koeler $t = 106\ ^\circ\text{C}$, dan kunnen we het maximaal te dissipeeren vermogen bepalen. Volgens verg. (3) is:

$$p = \frac{\alpha F (t - t_1)}{1 + 30\,\alpha\, F/q}\ .$$

Met behulp van de getalwaarden:

$\alpha = 0{,}107\ \text{kW/m}^2\ ^\circ\text{C}$,
$F = 1{,}6\ \text{m}^2$,
$t_1 = 20^\circ\ \text{C}$,
$t = 106^\circ\ \text{C}$,
$q = 16{,}8\ \text{kg/min}$,

berekent men $p = \dfrac{14{,}7}{1{,}306} = 11{,}25\ \text{kW}$.

Uit verg. (1) berekenen wij nog de stijging van de luchttemperatuur en vinden:

$$\Delta t = \frac{60\,p}{q} = \frac{60 \cdot 11{,}2}{16{,}8} = 40^\circ\text{C},$$

dus $t_2 = t_1 + \Delta t = 60^\circ\ \text{C}$.

„Inwendig" temperatuurverlies

Tot nu toe werd gerekend, alsof het metalen gedeelte van de koeler een constante temperatuur had. In werkelijkheid is de temperatuur aan de buitenomtrek van de koeler lager dan aan de voet van de ribben, omdat de warmtetoevoer door de ribben van binnen naar buiten gaat. Bovendien bestaat nog een zeker temperatuurverval van de binnenzijde der anode tot de voet van de ribben, dus in de anode zelf, in de verbinding anode-koeler en in de cylindrische binnenring van de koeler.

Wanneer we verg. (3) toch willen toepassen, dan moeten we t opvatten als een gemiddelde temperatuur van het oppervlak van de radiateur; t moet dus lager worden gekozen dan de maximale temperatuur, die aan de binnenwand van de anode kan worden toegelaten. Het inwendige temperatuurverval neemt toe met het afgevoerde vermogen. Hierdoor wordt de toe te laten dissipatie verder verkleind en zou zelfs bij de sterkste koeling een bepaalde grens niet kunnen overschrijden. Door voor de koeler een materiaal te gebruiken, dat de warmte goed geleidt, kan het inwendige temperatuurverval echter vrij laag worden gehouden. Bij de hier gekozen constructie loopt de warmtestroom gemiddeld door een doorsnede van 670 cm². De lengte van de stroomlijnen bedraagt gemiddeld 3 cm, terwijl voor een temperatuurgradient van 1 °C/m de warmtegeleiding langs deze weg 110 kgcal per m² per uur bedraagt. Gebruikt men deze gegevens, dan vindt men, dat het temperatuurverval van de binnenwand der anode tot halverwege de koelribben niet meer dan 3,5 °C per kW bedraagt. Noemen we de temperatuur van de anode T, dan is de gemiddelde temperatuur van de koeler $t = T - 3{,}5\ p$, en door deze waarde van t in verg. (3) in te vullen verkrijgt men:

$$p\,(1 + 30\,\alpha\, F/q + 3{,}5\,\alpha\, F) = \alpha\, F\,(T - t_1)\,. \quad (4)$$

Met behulp van deze vergelijking kan men het maximaal af te voeren vermogen p berekenen als functie van de luchtstroom q en de inlaattemperatuur t_1, zooals dit reeds boven met behulp van verg. (3) is geschied. Men behoeft nu echter niet meer een (vrij willekeurige) onderstelling te maken omtrent de maximaal toelaatbare temperatuur t halverwege de ribben, maar kan een grens aangeven voor de temperatuur T op de binnenzijde van de anode, waarvan de toelaatbare waarde beter kan worden beoordeeld, omdat het feitelijk de anodetemperatuur is, waaraan een grens moet worden gesteld. Kiest men hiervoor 145 °C, wat aan de veilige kant ligt, dan vindt men bij $t_1 = 20\ ^\circ\text{C}$ en $q = 16{,}8$ kg/min voor t een waarde van 106 °C. Op deze wijze is dus de boven gebruikte toelaatbare waarde van t afgeleid.

Voert men dezelfde rekening uit voor een aantal andere inlaattemperaturen en hoeveelheden lucht per minuut, dan verkrijgt men voor het maximaal toe te laten vermogen bij een anodetemperatuur van 145 °C waarden, die uit de krommen van *fig. 5* zijn af te lezen.

Eenige gezichtspunten voor de constructie van de koelinrichting

De luchtweerstand van de koeler

Om aan een gegeven luchthoeveelheid zooveel

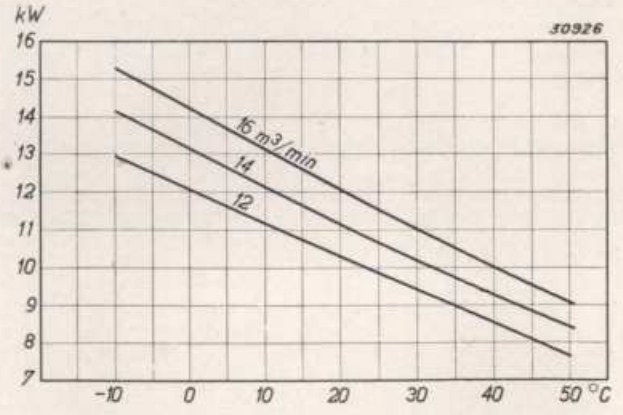


Fig. 5. Het door de koeler van de zendbuis PA 12/15 afgevoerde vermogen als functie van de inlaattemperatuur van de lucht, wanneer de luchtstroom resp. 12, 14 en 16 m³/minuut bedraagt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

mogelijk warmte te kunnen overdragen is het gewenscht om het aanrakingsoppervlak F voor de lucht bij een gegeven doorsnede van het luchtkanaal zoo groot mogelijk te maken (zie verg. (2)); vandaar dat zeer langwerpig gevormde doorsneden het voordeeligst zijn. Om bovendien de coëfficient α van de warmte-overgang groot te maken is een aanzienlijke luchtsnelheid vereischt. Door deze twee gezichtspunten wordt echter tevens een groote weerstand voor de luchtstroom verkregen.

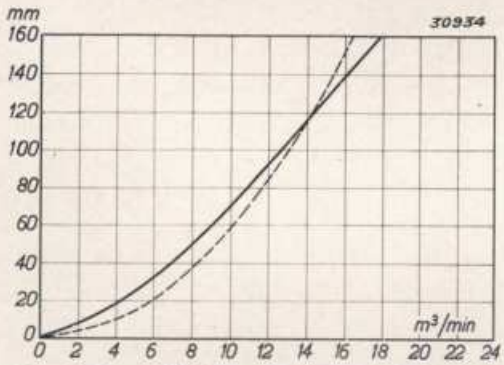


Fig. 6. Het drukverschil (mm waterkolom), dat in de gleuven van de koeler onstaat, als functie van de grootte van de luchtstroom (m³/min). Ter vergelijking is gestippeld een kwadratisch oploopende kromme geteekend.

In *fig. 6* is het drukverschil (mm waterkolom), dat in de koeler ontstaat, uitgezet als functie van de doorstroomsnelheid (m³ lucht per minuut). Het blijkt, dat de benoodigde overdruk bijna met het kwadraat van de luchtsnelheid toeneemt, hetgeen beteekent, dat het voor de koeling benoodigde vermogen bijna evenredig is met de derde macht van de luchtsnelheid. Bij een luchtstroom van 14 m³/minuut ontstaat een overdruk van 115 mm waterkolom; hieruit volgt, dat aan de luchtstroom een vermogen van 264 watt wordt toegevoerd [5]).

De ventilator

De luchtstroom wordt verkregen met behulp van een electrisch aangedreven ventilator. De eerste eisch, welke aan de ventilator gesteld moet worden, is dat deze in staat is het gewenschte luchtvolume te leveren bij de correspondeerende druk. Is N het aan de lucht toegevoerde vermogen, η_1 het rendement van de ventilator en η_2 het rendement van de electromotor, dan bedraagt het benoodigde electrische vermogen:

$$W = \frac{N}{\eta_1 \cdot \eta_2}.$$

Het rendement η_1 van de ventilator is bij de in aanmerking komende grootte ca. 50%, terwijl de electromotor (een inductiemotor voor drie fasen) in dit geval een rendement van 90% kan hebben. Met deze waarden van de rendementen berekent men voor een luchtstroom van 14 m³/min (N = 264 watt), dat de motor een vermogen van W = 528 watt moet kunnen leveren en daartoe 587 watt opneemt uit het net.

Aangezien rekening moet worden gehouden met eenige extra verliezen, zooals het drukverlies in de luchttoevoerleiding van ventilator naar koeler, is het gewenscht een iets sterkere motor te gebruiken. In ons geval wordt een motor van nominaal 0,8 PK gebruikt, die, belast met de ventilator, waaraan de koeler is aangesloten, uit het net juist 600 watt opneemt.

Een tweede eisch, die gesteld wordt aan het samenstel van ventilator en koeler, is afwezigheid van geruisch. Twee punten zijn daarbij van beteekenis: ten eerste een aerodynamisch goede constructie, ten tweede een zoo laag mogelijk toerental. Al te laag kan met het toerental echter niet worden gegaan, omdat bij gegeven luchtstroom de diameter van de ventilator in dezelfde verhouding toenemen moet, als het toerental afneemt. In ons geval werd een asynchroone motor met twee poolparen gebruikt, die op een net van 50 per/sec nominaal een toerental van 1500 omw/min heeft en in bedrijf ongeveer 1430 omw/min.

Eenige aandacht vraagt nog de verbinding tusschen de ventilator en de koeler. Deze moet luchtdicht zijn en tevens een hooge electrische isolatie bezitten, omdat de ventilator aardpotentiaal heeft, terwijl de koeler op hooge spanning staat. Zeer goed voldoet een dubbele echt zijden „buis" van ca. 35 cm lengte, welke een hoogfrequente spanning van ca. 7 kV_{max} bij een frequentie van 50 megahertz nog gemakkelijk kan uithouden.

Slotbeschouwingen: Wanneer kan men de waterkoeling door luchtkoeling vervangen?

Om te beoordeelen of bij de watergekoelde zendbuis PA 12/15, die in een bepaalde instelling gebruikt wordt, de waterkoeling door luchtkoeling kan worden vervangen, heeft men slechts bij elkaar op te tellen de gloeistroomenergie, de schermroosterdissipatie en de anodedissipatie. Met behulp van fig. 5 kan men nu aflezen, of bij de ter plaatse heerschende inlaattemperatuur van de lucht deze totale energie kan worden afgevoerd, zonder dat daarbij een al te groote luchtsnelheid vereischt wordt, waarbij men niet hooger dan 35 à 38 m/sec (18 à 20 m³/minuut) zal gaan, omdat het aandrijf-

[5]) Het toegevoerde vermogen is gelijk aan het product van overdruk (kg/m²) en luchtstroom (m³/sec), dus in ons geval 26,8 kgm/sec = 26,8 · 9,81 watt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

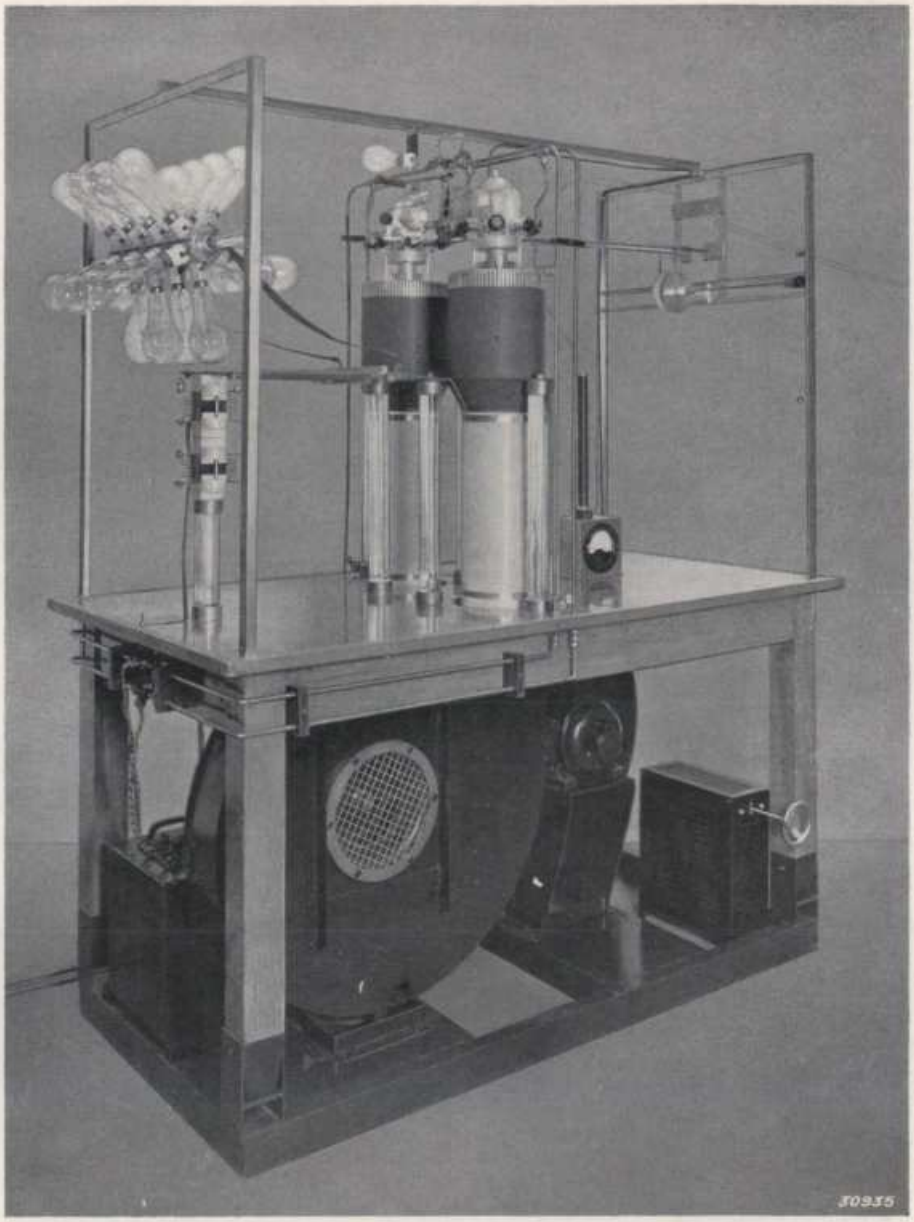


Fig. 7. Laboratoriumzender met twee luchtgekoelde zendbuizen type PA 12/15 in balansschakeling. Golflengte 6 m, afgegeven vermogen 6 kW. De kooldraadlampen links boven vormen een kunstantenne, waaraan het vermogen wordt afgegeven.

vermogen en het geruisch zeer sterk met de luchtsnelheid toenemen.

Wat de anodedissipatie betreft, moet men niet rekenen met de draaggolfinstelling maar met 100% modulatie. In klasse-B-instelling ligt bijv. de dissipatie bij 100% modulatie ongeveer 10% hooger dan bij de draaggolfinstelling, en bij anodemodulatie ongeveer 50% hooger.

Men zal verder goed doen, een wat grootere luchthoeveelheid te gebruiken dan volgens de berekening strikt noodzakelijk is om geen risico te loopen bij een, somtijds optredende, sterke verhooging van de temperatuur der buitenlucht.

Om een idee te geven van het constructief eenvoudige geheel van een zender met luchtgekoelde buizen is in *fig. 7* een laboratoriumzender weergegeven met twee luchtgekoelde zendbuizen, type PA 12/15 in balansschakeling. Deze eindtrap werkt op een golflengte van 6 m en geeft met een excitatievermogen van ca. 500 W gemakkelijk 6 kW af aan de antenne, waarbij de anodedissipatie eveneens 6 kW bedraagt.

Vergeleken bij waterkoeling met de daarmee onafscheidelijk verbonden slangen-trommels voor het „wegwerken" van de hoogspanning, watertoe- en afvoerleidingen, koelwaterpomp en eventueele vijvers maakt de luchtkoeling een aanmerkelijk eenvoudiger constructie mogelijk.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

DE FABRICAGE VAN EDELGASSEN

door H. C. A. HOLLEMAN. 661.93

In dit artikel wordt uiteengezet, hoe in het Philipsbedrijf edelgassen, zuurstof en stikstof uit lucht worden gewonnen. De toestellen voor het vloeibaar maken van lucht en voor het rectificeeren van gasmengsels worden nader beschreven.

Inleiding

Toen het gedurende de wereldoorlog steeds moeilijker werd de voor het vullen van gloeilampen benoodigde argon uit het buitenland aan te voeren, moest Philips de fabricage hiervan zelf ter hand nemen. Het toen gestichte gasbedrijf bleef zich ook na de wereldoorlog in een gestadige groei verheugen, daar het in staat was in velerlei behoeften te voorzien. In de Philipsfabrieken worden nl. zoo vele verschillende gassen gebruikt, die men tegelijkertijd uit de lucht kan winnen, dat het om meer dan één reden van belang is deze fabricage geheel zelf in de hand te hebben en hiervoor niet op anderen aangewezen te zijn. Het leek ons wellicht interessant voor onze lezers het een en ander mede te deelen over dit gedeelte van het bedrijf.

Behalve argon, die wordt gebruikt voor het vullen van gloeilampen, zijn ook de edelgassen helium en neon noodig in gasontladingslampen. Voor het bewerken van glas en in de mechanische werkplaatsen worden groote hoeveelheden zuurstof gebruikt teneinde hoogere verbrandingstemperaturen te bereiken dan met lucht mogelijk is. Vloeibare zuurstof en stikstof worden op groote schaal gebruikt voor koeldoeleinden en als hulpmiddel bij het verkrijgen van hooge vacua. Als beschuttend gas bij het bewerken van metalen onderdeelen voor gloeilampen en radiobuizen dient stikstof gemengd met waterstof. Verder wordt stikstof tijdens de fabricage van gloeilampen toegepast als spoelgas, terwijl het ook als vulling voor enkele speciale soorten gloeilampen wordt gebruikt.

Past men de verwerkte hoeveelheid lucht bijv. aan bij de hoeveelheid zuurstof, die verbruikt wordt, dan mag men natuurlijk niet verwachten, dat de hoeveelheden, die men van de andere gassen verkrijgt, geheel zouden overeenstemmen met de behoeften, die daaraan bestaan. Met name van de stikstof zullen belangrijke hoeveelheden ongebruikt verloren moeten gaan; maar desondanks is door de veelzijdigheid der toepassingen van de uit lucht afgescheiden gassen een economischer bedrijf mogelijk, dan wanneer men uit de lucht bijv. alleen maar zuurstof zou winnen en de rest ongebruikt zou laten ontsnappen. Het is verder een groot voordeel van een eigen gasbedrijf, dat dit veel gemakkelijker rekening kan houden met de velerlei speciale eischen, die men bij het gebruik aan verschillende gassen blijkt te stellen, dan dat dit mogelijk is bij levering van buiten het bedrijf. Bij een eigen gasbedrijf beteekent het bovendien nog een besparing, dat verschillende gassen rechtstreeks uit de splitsingstoestellen door buisleidingen gebracht kunnen worden naar de plaatsen, waar zij gebruikt moeten worden, zoodat het persen in flesschen voor het transport dan kan vervallen.

Het splitsen van lucht in haar componenten geschiedt tegenwoordig practisch nooit anders dan door vloeibaar maken en rectificeeren. Dit rectificeeren is een verbeterd destilleeren, hetwelk men uitvoert in kolomapparaten, zooals die ook bij het bereiden van alcohol en petroleum worden gebruikt. Alvorens het rectificeeren nader te bespreken, willen wij het vloeibaar maken van gassen behandelen.

Vloeibaar maken van gassen door expansie

Sinds 1896 is het dank zij het werk van Linde, Hampson, Claude, Heylandt en anderen mogelijk lucht op technische schaal vloeibaar te maken. Door het Philips-edelgasbedrijf wordt de methode van Linde en Hampson gevolgd, die berust op de afkoeling tengevolge van expansie van lucht van hooge druk, die door een smoorkraan (*S* in *fig. 1*) naar een ruimte met lagere druk stroomt. Dit zg. Joule-Thomson-effect is een gevolg van de onderlinge aantrekkingskrachten, die tusschen de moleculen bestaan (van der Waals en London), waardoor de energie-inhoud van een gas niet, zooals bij een ideaal gas, uitsluitend wordt bepaald door de warmtebeweging der moleculen, dwz. door de temperatuur van het gas, maar bovendien nog afhangt van hun gemiddelde onderlinge afstand, dwz. van de dichtheid van het gas. Bij het uitzetten van een niet-ideaal gas vermeerdert de energie-inhoud dus tengevolge van de vergrooting van het volume en de hiervoor benoodigde energie moet óf onttrokken worden aan de bewegingsenergie der moleculen, hetgeen beteekent, dat de temperatuur van het gas daalt, òf op andere wijze worden toegevoerd.

Laat men lucht onder een druk van bijv. 200 atm. door een tegenstroomtoestel gaan, zooals

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

in fig. 1 schematisch is weergegeven, daarna expandeeren door een smoorkraan S en vervolgens weer teruggaan door het tegenstroomtoestel, dan zal bij een behoorlijk geconstrueerd toestel de

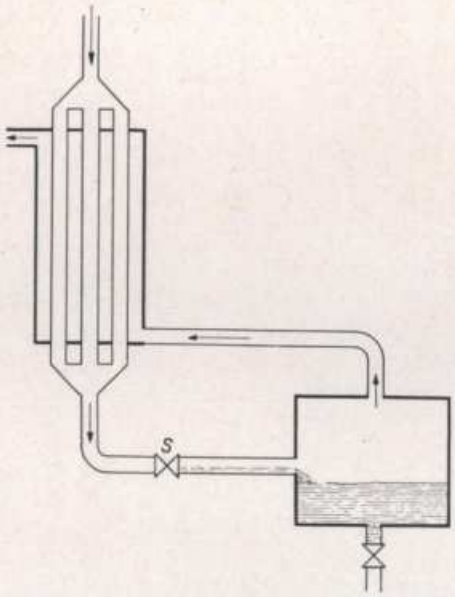


Fig. 1. Schematische voorstelling van een installatie voor het vloeibaar maken van een gas door afkoelen in een tegenstroomtoestel en expansie door een smoorkraan S.

lucht, die eruit stroomt, een niet veel lagere temperatuur hebben, dan toen zij erin kwam. De vergrooting van haar energie-inhoud tengevolge van de expansie verkrijgt de lucht, alvorens de stationnaire toestand is bereikt, door het toestel zelf af te koelen. Is het dauwpunt van de lucht eenmaal bereikt, dan wordt de benoodigde energie voor de expandeerende lucht vrijgemaakt, doordat een gedeelte van de lucht in het toestel vloeibaar wordt. Door het vloeibaar worden komt per kg lucht 90 kg cal warmte beschikbaar, terwijl door het Joule-Thomson-effect per atmosfeer slechts ongeveer 0,06 kg cal per kg lucht kan worden onttrokken, dwz. bij een druk van ongeveer 200 atmosfeer practisch niet meer dan 12 kg cal. Door de expansie alleen kan men dus niet alle expandeerende lucht vloeibaar maken. Voor het scheiden door rectificatie wordt echter verlangd, dat tijdens dit proces alle lucht vloeibaar wordt. Men bereikt dit door de reeds vloeibaar geworden lucht te laten verdampen, terwijl de daartoe benoodigde verdampingswarmte onttrokken wordt aan de nieuw aangevoerde lucht, die daardoor vloeibaar wordt gemaakt. Een dergelijk procédé is in *fig. 2* schematisch weergegeven.

Bij de in fig. 2 aangegeven werkwijze is tusschen de smoorkraan A en het vat B practisch alle doorstroomende lucht vloeibaar. De in het vat verzamelde vloeistof is voortdurend aan het verdampen en onttrekt de daartoe benoodigde warmte aan de lucht, die door een in het vat gelegde koelspiraal naar de smoorkraan stroomt, waardoor dit gas reeds vloeibaar wordt, alvorens de smoorkraan te hebben bereikt. Na de hierop volgende expansie stroomt zij naar het vat B, waarin de vloeistof vervolgens weer gaat verdampen. Wanneer het eenvoudig slechts de bedoeling is om vloeibare lucht te winnen, dan is er in principe geen verschil tusschen de in fig. 1 en 2 weergegeven methoden, want zij leveren per tijdseenheid eenzelfde af te tappen hoeveelheid vloeistof onder overigens gelijke omstandigheden. Gaat het echter om het vloeibaar maken van lucht als vóórbewerking voor het splitsen door rectificatie, dan zullen wij zien, dat de tweede methode wel groote voordeelen heeft.

Er gaat natuurlijk, ondanks goede isolatie zelfs in een goed werkend tegenstroomtoestel, altijd een hoeveelheid koude verloren en bij het vloeibaar maken voor de rectificatie wil men eigenlijk de processen volgens fig. 1 of 2 zoodanig laten verloopen, dat er tenslotte geen vloeibare lucht wordt gewonnen, maar dat slechts de voorraad vloeistof in het vat B constant blijft. Er wordt dan dus alleen maar koude geleverd om de onvermijdelijke verliezen te compenseeren. Door de druk, waaronder de lucht toestroomt, minder hoog te maken wordt de productie van vloeistof kleiner en door slechts de druk voldoende te verlagen, bijv. tot 50 à 100 atm., kan men dan ook zoowel bij de appara-

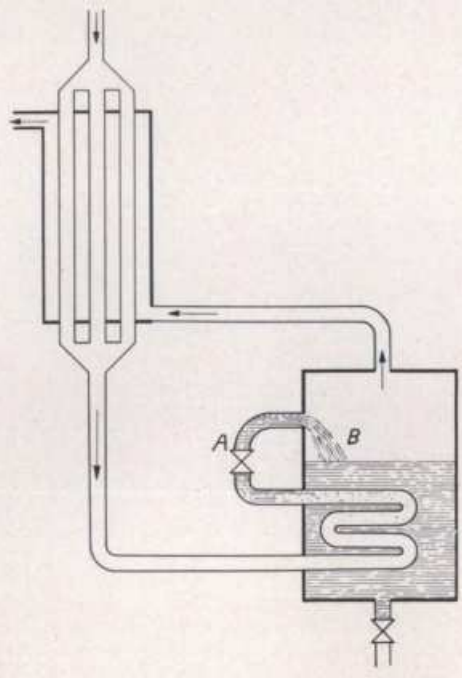


Fig. 2. Schema van een installatie, waarin het gas reeds vloeibaar wordt in de koelspiraal, die door het vat B loopt, alvorens te expandeeren door de kraan A.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

tuur van fig. 1 als bij die van fig. 2 bewerkstelligen, dat de hoeveelheid vloeistof onveranderd blijft. Bij een toestel volgens fig. 1 zal dan achter de smoorkraan slechts een klein gedeelte der lucht vloeibaar zijn, terwijl echter in een toestel volgens fig. 2 alle lucht in vloeistoftoestand naar het vat stroomt om aldaar weer te verdampen. Het is nu juist dit vloeibaar toestroomen en daarna verdampen, dat wij noodig hebben voor de rectificatie.

Rectificatie

Heeft men een mengsel van stoffen met betrekkelijk weinig uiteenloopende kookpunten, die men door koken en condenseeren wil scheiden, dan is rectificatie hiervoor de aangewezen methode. Voor kleinere hoeveelheden geschiedt dit soms wel op discontinue wijze in achtereenvolgens verwerkte porties, maar voor het op groote schaal splitsen van lucht komt eigenlijk slechts een continu-werkend rectificatieproces in aanmerking, dat wij hier dan ook uitsluitend zullen behandelen.

In *fig. 3* is een schema van een continue rectificatie geteekend. In een uit vele verdiepingen bestaande kolom wordt het mengsel (bijv. de lucht) als vloeistof of damp bij kooktemperatuur naar

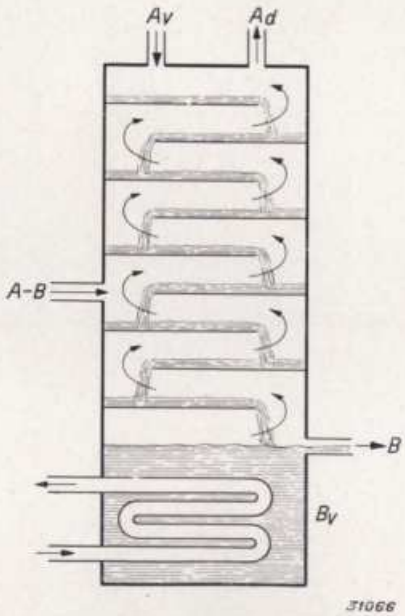


Fig. 3. Schematische voorstelling van de werkwijze van een rectificatiekolom. Het bestanddeel A van een mengsel A-B heeft een lager kookpunt dan B. Bij A_v treedt A de kolom als vloeistof binnen en loopt naar beneden. Ergens halverwege in de kolom wordt het mengsel A-B als damp of vloeistof toegevoerd. Onder in de kolom hoopt zich de vloeistof B_v op; hier kan de stof B als vloeistof of damp worden afgetapt. Het bestanddeel A ontwijkt bovenin de kolom als damp A_d. De circulatie in het geheele toestel wordt gaande gehouden, doordat het door een spiraal in het vloeistofvat stroomende gas warmte afgeeft, waardoor de vloeistof onderin de kolom verdampt en opstijgt, terwijl bovenin de kolom een overeenkomstige hoeveelheid vloeistof wordt aangevoerd.

binnen gevoerd op een daartoe geschikte hoogte, welke afhangt van de samenstelling van het mengsel. Naarmate dit nl. meer bevat van één der beiden componenten, dient men het punt van invoer

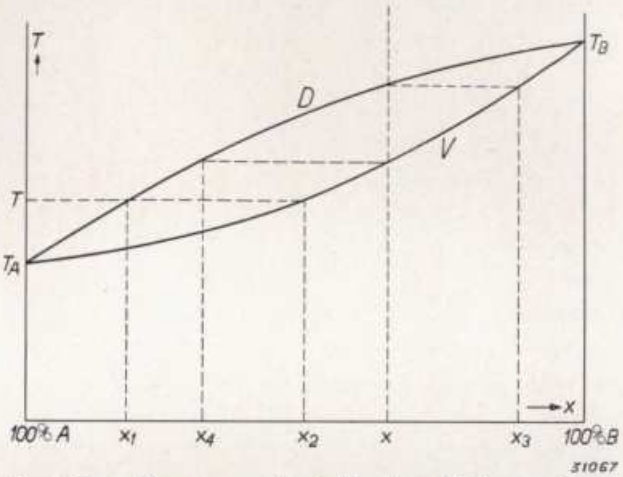


Fig. 4. Fasendiagram voor de stoffen A en B, die resp. kookpunten T_A en T_B hebben. Voor een bepaalde druk is verticaal de temperatuur T uitgezet en horizontaal het gehalte x (in procenten) aan het bestanddeel B; dwz. links is 100% A en rechts is 100% B. Bij een willekeurige temperatuur T is damp van een samenstelling x_1 in evenwicht met vloeistof van een samenstelling x_2. De eerste kleine hoeveelheid vloeistof, die zich afscheiden kan bij het afkoelen van een mengsel met samenstelling x, zal de samenstelling x_3 hebben, terwijl de laatste kleine hoeveelheid damp, die bij verder afkoelen overblijft, de samenstelling x_4 zal bezitten. D is de damplijn en V de vloeistoflijn.

ook meer te verleggen naar het uiteinde, waar de betreffende component gewonnen wordt. In de kolom stroomen, tegen elkaar in, vloeistof naar beneden en damp naar boven, die steeds innig met elkaar in aanraking gebracht worden. Het boven uit de kolom tredende gas bestaat hoofdzakelijk uit het bestanddeel (A) met het laagste kookpunt, terwijl de onderin de kolom zich verzamelende vloeistof voornamelijk het bestanddeel (B) met het hoogste kookpunt bevat. Door dit vloeistof-reservoir te verwarmen zorgt men ervoor, dat dit aan B rijke mengsel weer ten deele als damp in de kolom gaat opstijgen; daar men anderzijds ook de zich aan het boveneinde ontwikkelende damp weer ten deele, door afkoelen tot vloeistof verdicht, boven in de kolom terugleidt, wordt er in de kolom voortdurend een tegenstroom onderhouden van rijker aan A wordende opstijgende damp en rijker aan B wordende naar beneden stroomende vloeistof. Zoodoende kan men onderaan de kolom vloeistof aftappen, die bij voldoend intensieve rectificatie uit zeer weinig verontreinigd B bestaat, terwijl de bovenaan ontwijkende damp vrijwel uitsluitend de stof A bevat.

Hoe het gelijktijdig verdampen en condenseeren een dergelijke voortschrijdende splitsing in de beide bestanddeelen veroorzaakt, kunnen wij het beste begrijpen aan de hand van het in *fig. 4* weerge-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

geven fasendiagram, waarin verticaal de temperatuur en horizontaal de samenstelling van het mengsel is uitgezet bij een bepaalde druk.

De onderste kromme geeft de hoogste tempeperaturen aan, waarbij de mengsels van verschillende samenstelling zich nog juist geheel in de vloeibare fase kunnen bevinden (vloeistoflijn), terwijl de bovenste lijn de laagste temperaturen aangeeft, waarbij voor verschillende mengverhoudingen nog juist alles dampvormig kan zijn (damplijn). Een homogeen mengsel van een samenstelling en bij een temperatuur, welke wordt weergegeven door een punt gelegen tusschen de beide krommen, kan niet in stabiele toestand bestaan. Heeft men bij een bepaalde temperatuur T een mengsel van een samenstelling gelegen tusschen de vloeistof- en de damplijn, dan splitst zich dit in een vloeistof- en een dampfase, wier stabiele samenstellingen worden aangegeven door de snijpunten x_1 en x_2 van de bij de betreffende temperatuur behoorende horizontale lijn met de vloeistof-, resp. damplijn.

Koelt men bijv. een damp van een samenstelling x voldoende langzaam af, dan blijft eerst nog zijn samenstelling onveranderd en daalt alleen maar zijn temperatuur, zoodat dus zijn punt zich in het fasendiagram van fig. 4 langs een vertikale lijn naar beneden beweegt, totdat de damplijn is bereikt. Onttrekt men daarna nog wat warmte aan het mengsel, dan krijgt het gelegenheid een kleine hoeveelheid vloeistof van de samenstelling x_3 af te scheiden, waarbij de samenstelling van de damp practisch nog x blijft. Bij verder afkoelen wordt de hoeveelheid vloeistof steeds grooter, terwijl zij tevens rijker wordt aan het bestanddeel A met het laagste kookpunt, want het punt in het fasendiagram, dat bij de vloeistoffase behoort, beweegt zich naar links over de vloeistoflijn, totdat de vloeistof de samenstelling x heeft gekregen en er dus geen damp meer over is. Tegelijkertijd is nl. ook de dampfase afgekoeld, waarbij haar samenstelling zoodanig is veranderd, als wordt aangegeven door het bewegen van haar punt in het fasendiagram over de damplijn, totdat de laatst overgebleven, kleine hoeveelheid damp de samenstelling x_4 heeft bereikt en dus veel rijker is geworden aan het bestanddeel A met het laagste kookpunt, dan het oorspronkelijke mengsel was. Daarna koelt de homogene vloeistof met een constante samenstelling x rustig verder af, waarbij het punt in het fasendiagram verticaal naar beneden gaat.

In de voorafgaande beschouwingen hebben wij ondersteld, dat de processen steeds zoo langzaam verloopen, dat het volledige evenwicht tusschen damp en vloeistof niet wordt verbroken; in de practijk bereikt men dit natuurlijk nooit geheel en de samenstellingen der damp- en vloeistoffase, waartusschen zich het evenwicht nog niet geheel heeft ingesteld, liggen in het fasendiagram altijd binnen het gebied tusschen de damplijn en de vloeistoflijn. Hetgeen zich nu afspeelt in een rectificatiekolom, kan men dus beschrijven als een lange reeks van dergelijke trapvormige omzettingen tusschen damp en vloeistof van verschillende samenstellingen, die echter steeds binnen dit spoelvormige gebied van het fasendiagram blijven. Uit fig. 4 zal het dan ook direct duidelijk zijn, dat men bij temperaturen halverwege tusschen de kookpunten der beide bestanddeelen A en B een aanmerkelijke scheiding kan bewerkstelligen, die over slechts enkele trappen middenin de kolom plaats vindt, terwijl in de buurt van de beide uiteinden de samenstellingen voor opeenvolgende trappen onderling niet veel meer verschillen. Met een eindig aantal trappen kan men natuurlijk nooit een volkomen scheiding verkrijgen, hoe innig men ook het contact tusschen vloeistof en damp doet zijn.

Teneinde het ideale geval van een oneindig aantal trappen zoo goed mogelijk te benaderen, heeft men oorspronkelijk wel gemeend, dat het verstandig was de kolom te vullen met lichamen, die een groot oppervlak bezitten, maar het bleek, dat dan het contact tusschen damp en vloeistof te slecht werd, zoodat men thans vrijwel algemeen een groot aantal verdiepingen in de kolom aanbrengt, zooals ook in *fig. 5* schematisch is weergegeven.

Richt men een rectificatiekolom in met een dergelijk groot aantal verdiepingen boven elkaar, dan dient er door het aanbrengen van overloopschotten voor te worden gezorgd, dat de vloeistof steeds tot op een zekere hoogte boven de bodemplaten blijft staan

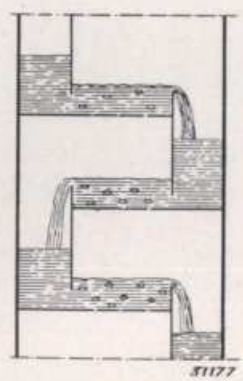


Fig. 5. Schematische voorstelling van een in verdiepingen opgebouwde rectificatiekolom, waarin de vloeistof over overloopschotten naar beneden stroomt, terwijl de damp door kleine gaatjes in de bodemplaten naar boven borrelt door de vloeistof ter bevordering van een zeer innig contact tusschen vloeistof en damp.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

en dan over de randen continu wegstroomt naar de eronder gelegen verdieping. Verder verdient het voor het goede contact tusschen vloeistof en damp ook aanbeveling er voor te zorgen, dat de damp door kleine gaatjes in de bodemplaten als belletjes in de vloeistof omhoog borrelt. Bij de gebruikelijke rectificatiekolommen bedraagt het aantal van dergelijke verdiepingen 10 tot 50. De doorsnede en de onderlinge afstand dezer verdiepingen wordt zoodanig gekozen, dat de damp zoo min mogelijk vloeistofdruppeltjes kan medenemen, zoodat de geheele constructie in belangrijke mate afhangt van de aard van het mengsel, dat gesplitst moet worden.

Ontleding van de lucht

In *tabel I* zijn de percentages en de kookpunten van de verschillende bestanddeelen der lucht vereenigd, waarbij volgens gewoonte de altijd in gewone lucht met 0,5 à 4% aanwezige waterdamp wordt verondersteld hieruit verwijderd te zijn, zoodat de samenstelling betrekking heeft op gedroogde lucht.

Tabel I.

Bestanddeelen van de lucht	Volumeprocenten van droge lucht	Kookpunt in °C
stikstof	78	— 196
zuurstof	21	— 183
argon	0,9	— 186
koolzuur	0,03	— 79
neon	0,0015	— 246
helium	0,0005	— 269
waterstof	ongeveer 0,0005	— 253
methaan	ongeveer 0,0001	— 165
krypton	0,0001	— 151
xenon	0,00001	— 109

In deze tabel zijn de bestanddeelen der lucht vermeld ongeveer in de volgorde van de hoeveelheid, waarin zij voorkomen in gewone lucht. De gehalten aan waterstof en methaan zijn niet nauwkeurig bekend; zij schijnen trouwens te schommelen, hetgeen ook het geval is met het koolzuurgehalte. Argon, neon, helium, krypton en xenon zijn de edelgassen. In hoe kleine hoeveelheden zij voorkomen, moge behalve uit tabel I blijken uit het feit, dat men bij verwerken van 1000 m³ lucht van 1 atm per uur ten hoogste kan verkrijgen: 9 m³ argon, 15 liter neon, 5 liter helium, 1 liter krypton en 0,1 liter xenon.

Het zal uit bovenstaande tabel duidelijk zijn, dat men de lucht in eerste benadering wel mag opvatten als een mengsel van stikstof en zuurstof. Voor het splitsen van de lucht in deze beide bestanddeelen ligt rectificatie voor de hand. Door het vloeibaar maken volgens fig. 2 en de rectificatie volgens fig. 3 te combineeren verkrijgt men de oudste en eenvoudigste methode der zg. enkele rectificatie (*fig. 6*).

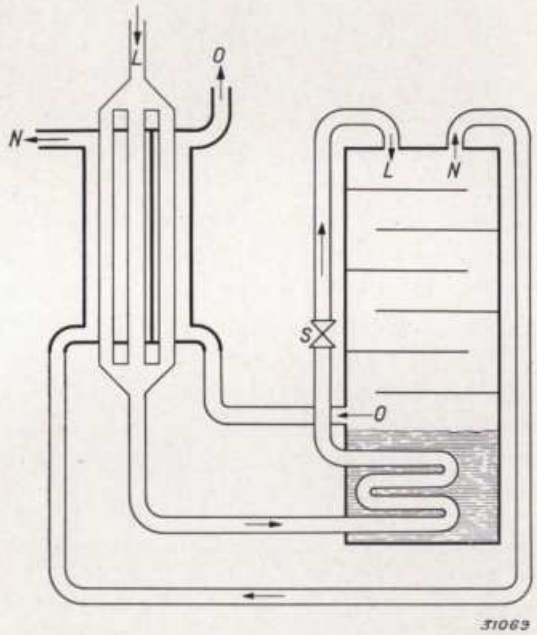


Fig. 6. Schematische voorstelling van een installatie voor enkele rectificatie. De samengeperste lucht *L* stroomt van boven in het tegenstroomtoestel naar binnen bij normale temperatuur. Zij wordt hierin afgekoeld en stroomt dan door een koelspiraal door het vloeistofvat onderaan de rectificatiekolom, waar zij vloeibaar wordt. Daarna expandeert de lucht door de smoorkraan *S*, waarna zij als vloeistof bovenin de kolom naar binnenstroomt. Onderaan de kolom wordt zuurstofdamp afgetapt en van boven ontwijkt stikstof met nog minstens 7% zuurstof; deze beide dampen stroomen door van elkaar afgescheiden ruimten door het tegenstroomtoestel naar boven, waar zij gewonnen worden bij ongeveer normale temperatuur.

Hierbij komt de lucht op normale temperatuur bovenin het tegenstroomtoestel, waarin zij wordt afgekoeld door de, in twee van elkaar afgescheiden ruimten, er tegenin stroomende zuurstof en stikstof, die in de rectificatiekolom van elkaar zijn gescheiden. De lucht, die afgekoeld, hoewel nog steeds gasvormig, onderuit het tegenstroomtoestel komt, loopt door een koelspiraal door het reservoir met vloeibare zuurstof onderaan de rectificatiekolom, zoodat de lucht nog verder wordt afgekoeld en vloeibaar wordt. Daarna expandeert zij door de smoorkraan *S* en stroomt als vloeibare lucht bovenin de rectificatiekolom. Dit is dus niet geheel in overeenstemming met het principe der rectificatie, zooals dit bij fig. 3 werd toegelicht, want daar wordt het mengsel ergens op een geschikte hoogte in de kolom toegevoerd, terwijl bovenin vloeibare stikstof aangevoerd behoort te worden. Dientengevolge ontwijkt er bij enkele rectificatie

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

slechts zeer onzuivere stikstofdamp aan het bovenëinde van de kolom.

De vloeibare lucht stroomt dan verder in de kolom naar beneden, terwijl zij steeds armer wordt aan stikstof. In het vat onderaan de kolom verzamelt zich vrijwel zuivere, vloeibare zuurstof. Deze wordt weer totaal verdampt door de warmte, die onttrokken wordt aan de door de spiraal stroomende lucht en gaat voor het grootste gedeelte weer in de kolom naar boven, terwijl de rest wordt afgetapt en dan door het tegenstroomtoestel naar boven gevoerd, waar wij tenslotte zuurstofgas van ongeveer normale temperatuur kunnen winnen.

Tengevolge van de groote onzuiverheid der gewonnen stikstof kunnen wij echter op deze wijze niet meer dan 71% van de zuurstof uit de lucht in zuivere toestand verkrijgen. Het gas, dat bovenuit de kolom ontwijkt, is wel rijker geworden aan stikstof, maar moet toch altijd nog minstens 7% zuurstof bevatten, aangezien vloeibare lucht met 21% zuurstof in evenwicht is met dit gasmengsel.

Teneinde een hoogere opbrengst aan zuurstof en een zuiverder stikstof te verkrijgen, wordt dubbele rectificatie (*fig. 7*) toegepast. Tusschen het tegenstroomtoestel en de rectificatiekolom, die eenvoudig bij ruim atmosferische druk werkt, is nu een tweede rectificatiekolom aangebracht, die bij een druk van ongeveer 5 atm werkt. De uit de smoorkraan S stroomende vloeibare lucht wordt daarbij op een geschikte hoogte in deze drukkolom binnengelaten. De stikstofdamp van ongeveer 5 atm, die bovenaan de drukkolom ontwijkt, wordt geleid in de condensator C, die zich bevindt in het met vloeibare zuurstof gevulde vat onderaan de gewone kolom. De temperatuur van de onder atmosferische druk kokende zuurstof is nu juist voldoende laag om de stikstofdamp onder een druk van 5 atm te condenseeren. Deze onzuivere, vloeibare stikstof druppelt ten deele van boven af in de drukkolom naar beneden en wordt verder door een smoorkraan S_2 boven in de gewone rectificatiekolom binnengelaten, waarin zij evenzoo naar beneden druppelt. Daar bij 5 atm de grenslijnen in het mengdiagram van fig. 4 veel dichter bij elkaar liggen dan voor 1 atm, geschiedt de scheiding in de drukkolom nog niet erg volledig. Het vloeistofvat onderaan de drukkolom bevat dan ook zuurstof, die nog vrij rijk is aan stikstof. Deze vloeistof wordt door een smoorkraan S_1 op een geschikte hoogte in de gewone rectificatiekolom binnengelaten, alwaar de verdere splitsing in zuurstof en stikstof plaatsgrijpt, die dan tot op slechts enkele procenten na volledig is. Een dergelijke rectificatie-installatie, die in de Philips-edelgasfabriek in gebruik is, vindt men op *fig. 8* afgebeeld.

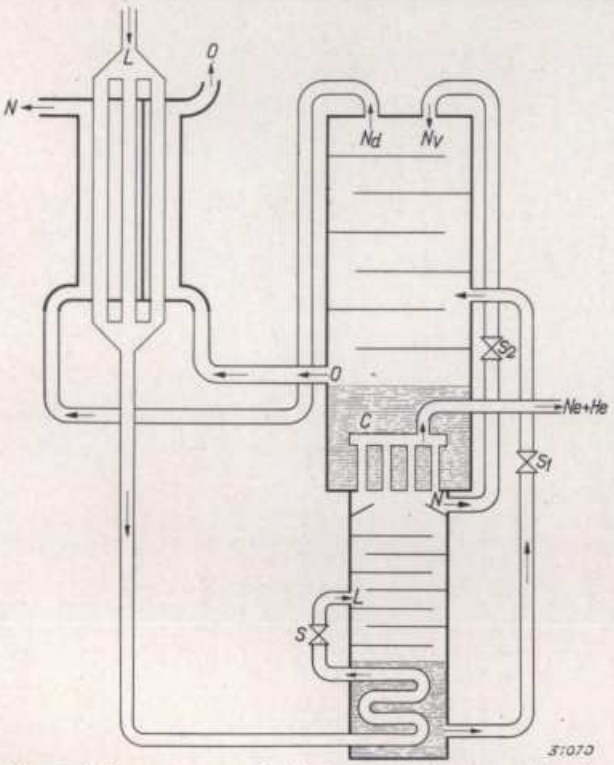


Fig. 7. Schema van een dubbele rectificatie. Tusschen het tegenstroomtoestel en de gewone rectificatiekolom van fig. 6 is nu eerst nog een rectificatiekolom ingeschakeld, die bij een druk van ongeveer 5 atm werkt. L lucht; N op enkele percenten na zuivere stikstof, O zuivere zuurstof. S, S_1, S_2 smoorkranen en C condensator.

Men zou wellicht vóór de rectificatiekolom van 5 atm nog een kolom voor 20 atm kunnen aanbrengen. Dit haalt echter niet veel uit, daar het mengdiagram bij die druk nog veel smaller is dan bij 5 atm. Het heeft dus niet veel zin, op deze wijze te trachten met het splitsen van een mengsel verder te komen.

Van de geheele installatie is het tegenstroomtoestel een zeer belangrijk onderdeel, want voor een goed bedrijf is het noodig, dat het temperatuurverschil tusschen de binnenkomende lucht en de geleverde splitsingsproducten slechts enkele °C bedraagt. Dit wordt bereikt door de perslucht te laten stroomen door een bundel zeer nauwe pijpjes, wier binnendiameter slechts ongeveer 5 mm bedraagt en die vaak als spiralen van tientallen meters lengte zijn uitgevoerd. Deze pijpjes worden dan aan hun buitenzijde door de splitsingsproducten min of meer in kruisstroom bestreken, zoodat door het optreden van een flinke werveling de overdracht van warmte vollediger plaats vindt.

Alle gedeelten van een dergelijke installatie, die op lage temperaturen komen, dient men te vervaardigen van rood koper of messing, want deze

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

materialen blijven ook bij lage temperaturen goede mechanische eigenschappen behouden, terwijl de meeste andere stoffen dan spoedig bros worden. Daar bij deze lage temperaturen géén „tinpest" optreedt, kunnen alle soldeerverbindingen bij deze toestellen wel met tin worden gemaakt.

Bij het splitsen van lucht zijn waterdamp en koolzuur erg hinderlijk, omdat zij bij deze lage temperaturen vast worden en derhalve de leidingen kunnen verstoppen. De lucht wordt daarom tevoren zorgvuldig van deze bestanddeelen bevrijd. Voor het drogen (zie *fig. 9*) maakt men vaak van vast kaliumhydroxyde gebruik. Dit gaat door water op te nemen over in een verzadigde oplossing, die men uit de droogtoestellen kan aftappen. Deze oplossing wordt dan gebruikt in de waschtorens, waarin de te verwerken lucht wordt bevrijd van koolzuur. Hierdoor wordt potasch gevormd, die dan weer bij de glasfabricage kan worden verwerkt in het te smelten mengsel. Op deze wijze

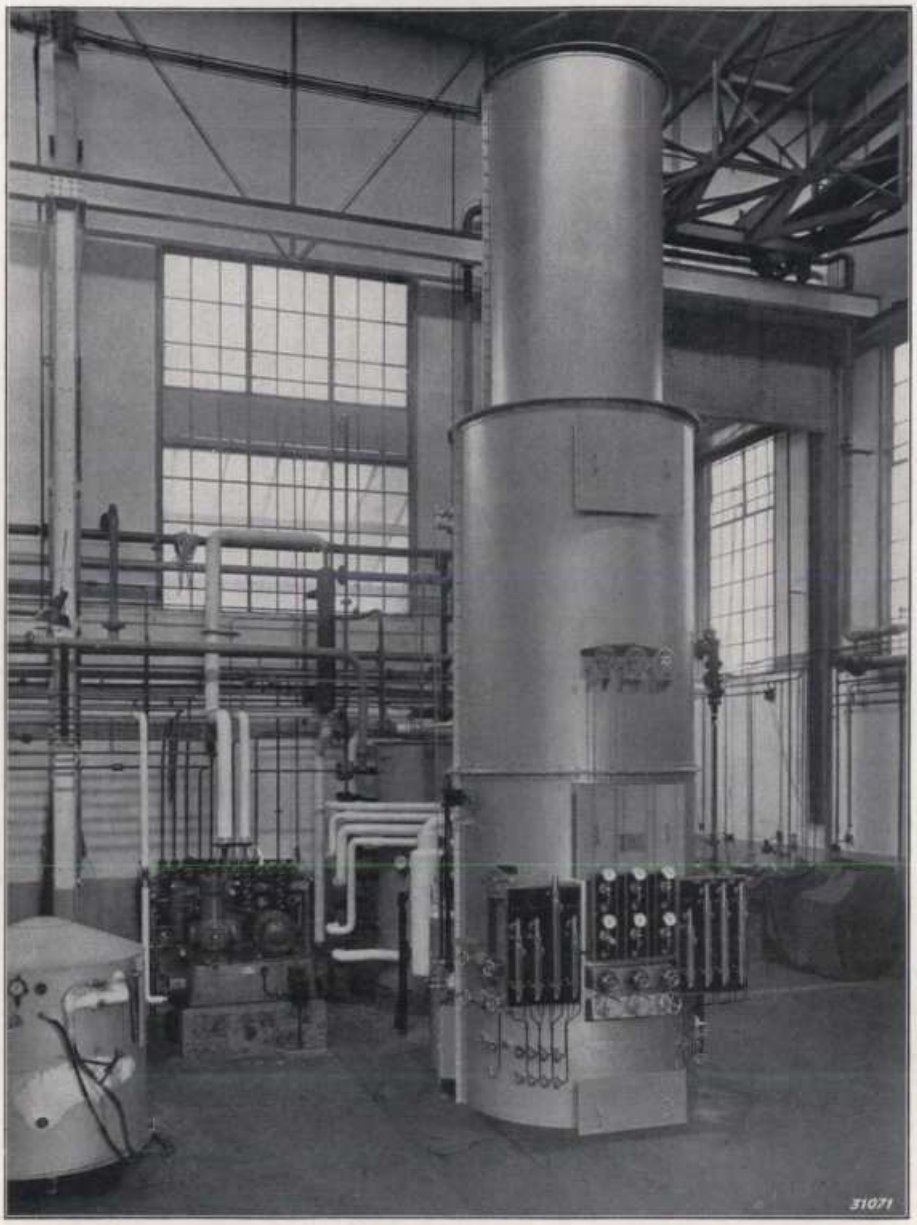


Fig. 8. Een moderne installatie voor het scheiden van lucht volgens Linde. In de groote kolom bevinden zich binnen een dikke laag isolatie-materiaal vier rectificatiekolommen en de noodige tegenstroomtoestellen. Aan de buitenzijde ziet men diverse regelkranen, aanwijzers voor de vloeistofstand, manometers, enz. Geheel links bevindt zich een voorraadtank voor vloeibare zuurstof. Op de achtergrond ziet men een ammoniak-koelinstallatie, waarmee lucht van een druk van ongeveer 100 atm wordt afgekoeld tot op —20° C, waardoor zij wordt gedroogd en waarmee men tevens maakt, dat de scheidingsinstallatie economischer werkt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

grijpen verschillende gedeelten van een groot bedrijf eng in elkander.

Edelgassen

Het meest in de lucht voorkomende edelgas argon heeft een kookpunt, dat gelegen is tusschen de kookpunten van zuurstof en stikstof, zoodat dit gas de neiging heeft zich middenin de rectificatiekolom op te hoopen. Men kan de argon afscheiden door argonrijke zuurstofdamp uit de hoofdkolom af te tappen en deze daarna in een hulpkolom afzonderlijk te rectificeeren. Hierbij wordt dan de argon bevrijd van de hoofdmassa der zuurstof; méér beoogt men doorgaans hiermede ook niet, want de laatste resten zuurstof kunnen gemakkelijk chemisch worden verwijderd. Met de stikstof is dit echter moeilijker en daarom wordt een te hoog gehalte aan stikstof eenvoudig voorkomen door het mengsel voor de hulpkolom wat meer aan de zuurstofzijde van de hoofdkolom af te tappen, zoodat hiermede reeds vrijwel geen stikstof mee gaat.

Voor een bepaalde toepassing werd stikstof gevraagd met een buitengewoon klein gehalte aan argon. Teneinde na te gaan hoeveel argon de normaal gefabriceerde stikstof bevatte, werd een analysemethode door ons laboratorium uitgewerkt [1]). Deze berust op de, reeds in de vorige eeuw gevonden [2]), snelle absorptie van stikstof door metallisch lithium, dat men op een geschikte wijze heeft geprepareerd. Bij deze metingen bleek, dat de normaal gefabriceerde stikstof slechts zeer weinig argon bevat.

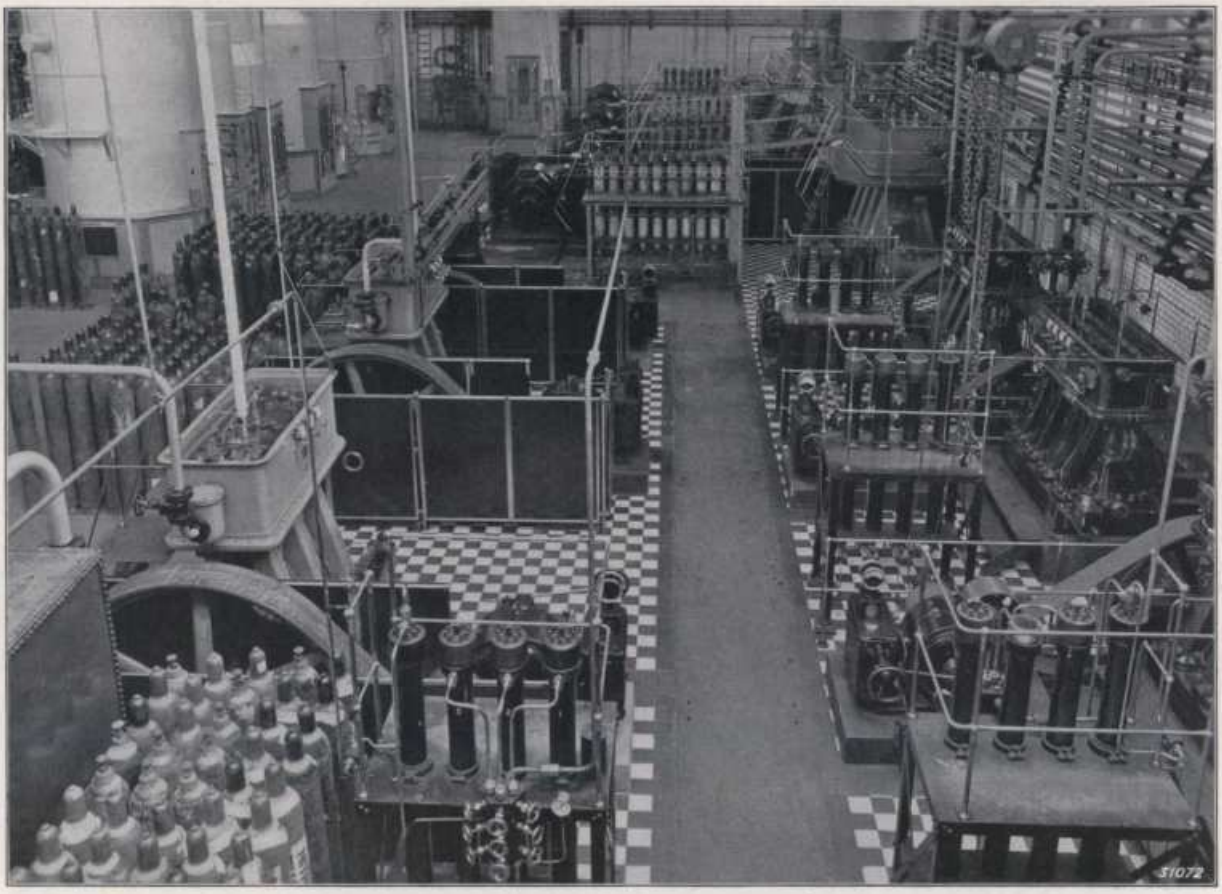


Fig. 9. Een overzicht van een gedeelte der edelgasfabriek. Op de voorgrond bevinden zich links en rechts eenige kleinere compressoren voor zuurstof, stikstof, enz. Op de achtergrond rechts ziet men vier groote luchtcompressoren. In het midden op de achtergrond staan rekken met stalen flesschen, die met vast kaliumhydroxyde zijn gevuld en dienen voor het drogen der sterk gecomprimeerde gassen. Links op de achtergrond ziet men nog eenige installaties voor het scheiden van lucht.

Neon en helium hebben, zooals uit tabel I blijkt, kookpunten, die ver beneden die der andere bestanddeelen van de lucht liggen. Zij behoeven dan ook niet door een speciale rectificatie te worden

[1]) J. A. M. van Liempt: Rec. Trav. chim. Pays Bas **56**, 310, 1937.

[2]) Guntz: C. R. Acad. Sci. Paris **120**, 777, 1895.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

afgescheiden, maar ontwijken eenvoudig als vluchtig blijvende fractie boven uit de condensator *C*, waarin het meerendeel der stikstof wèl vloeibaar wordt. De aldaar afgetapte neon en helium bevatten dan nog wat stikstof en waterstof als verontreiniging, die men achteraf moet verwijderen. Tenslotte is het ook mogelijk om neon en helium van elkaar te scheiden door absorptie en desorptie aan actieve kool, zonder dat men hierbij temperaturen noodig heeft lager dan die van in het luchtledige kokende stikstof (—220 °C).

Daar zij relatief hooge kookpunten hebben, hoopen krypton en xenon zich op in het vloeistofvat onderin de hoofdkolom, dat voornamelijk zuurstof bevat. De krypton en xenon kunnen hieruit slechts door een speciale rectificatie worden gewonnen. Dit is wegens het geringe gehalte aan deze edelgassen een zeer omslachtige bewerking, waarbij echter principieel niets nieuws te pas komt. Hieraan is evenwel toch nog één groote moeilijkheid verbonden, nl. het feit, dat methaan, hetwelk in veranderlijke hoeveelheid in de lucht voorkomt, een ongeveer even hoog kookpunt heeft als krypton, zoodat het zich met de krypton ophoopt in de vloeibare zuurstof. Dit kan noodlottige gevolgen hebben, daar vloeibare zuurstof tezamen met een brandbare stof als methaan gemakkelijk een explosief mengsel vormt. Ter voorkoming van ongelukken neemt men derhalve bij de bereiding van krypton en xenon strenge voorzorgen.

KLANKVERSTROOIERS IN LUIDSPREKERS

door J. de BOER.

534.861 : 621.395.623.7

Luidsprekers vertoonen van nature een zeker richteffect, dat met toenemende frequentie sterker wordt. Waar een bundeling van de hooge tonen ongewenscht is, met name in de huiskamer, kan het richteffect worden opgeheven door „klankverstrooiers". Dit zijn lichamen van bepaalde vorm en afmetingen, die in de geluidsgolven worden geplaatst. Voor een bol, die als klankverstrooier moet dienen, kan de vereischte diameter theoretisch worden afgeleid. Bij de luidsprekers in de Philips-radiotoestellen zijn als klankverstrooiers gebruikt een kegel en verticale, symmetrisch voor de conus aangebrachte schotjes. De voor de uitspreiding van het geluid gunstigste vorm en afmetingen van deze klankverstrooiers zijn proefondervindelijk bepaald.

Bij de toepassing van geluidsversterking in zalen met te groote nagalmtijd kan vaak een verbetering van de acoustiek van de zaal worden verkregen door gebruik te maken van luidsprekers met richteffect [1]). Richt men nl. deze luidsprekers op het met publiek bezette vlak, dan wordt de geluidssterkte ter plaatse van de toehoorders vergroot, zonder dat tevens een versterking van de nagalm behoeft op te treden.

Afgezien van dergelijke speciale gevallen is echter in het algemeen een richteffect bij luidsprekers niet gewenscht. Met name geldt dit voor de luidspreker in de huiskamer. Immers, hier wil de toehoorder niet door het al of niet luisteren naar de radio laten bepalen, waar hij moet zitten, maar hij wil de uitzending van elke plaats in de kamer even goed kunnen hooren. Nu heeft elke luidspreker van nature een zeker richteffect. In het volgende willen wij nagaan, in hoeverre dit richteffect hinderlijk kan zijn en op welke wijze een storend richteffect onschadelijk kan worden gemaakt.

Het richteffect van luidsprekers

Het optreden van een richteffect in de straling van geluid beteekent, dat de intensiteitsverdeeling der uitgezonden geluidsgolven afwijkt van de bolsymmetrie. Nu hangt de vorm der geluidsgolven af van de vorm, de opstelling en de afmetingen van het stralende lichaam. De luidspreker van een ontvangtoestel mag voor onze beschouwingen bij benadering worden vervangen door een cirkelvormig, trillend membraan, dat geplaatst is in een oneindig groote schermplaat. De hierdoor uitgestraalde geluidsgolven zijn alleen bolsymmetrisch, indien de afmetingen van het membraan klein zijn ten opzichte van de golflengte. Is dit niet het geval, dan wordt het geluid hoofdzakelijk in één richting, loodrecht op het stralende membraan, uitgezonden.

Voor het geval, dat het membraan als één geheel

[1]) Zie J. de Boer, Geluidsversterking, Philips techn. T. **3**, 225, 1938, speciaal pag. 229-230.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

trilt (bij niet te hooge frequenties is aan deze voorwaarde voldaan), kan de geluidsverdeeling exact worden berekend. Men vindt, dat als eenige parameter optreedt het quotiënt a/λ, waarin a de straal van het membraan en λ de golflengte van het geluid beteekent. In *fig. 1* is de berekende intensiteitsverdeeling voor verschillende waarden van de parameter a/λ geteekend. Men ziet, dat voor

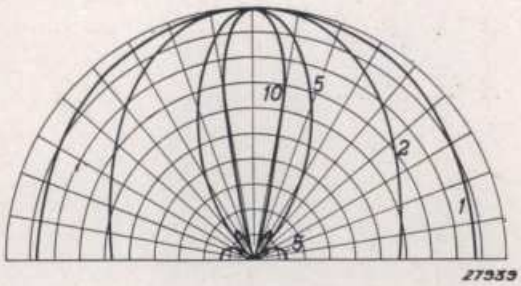


Fig. 1. Berekende richtingsverdeeling van de intensiteit der geluidsgolven, opgewekt door een cirkelvormig, als één geheel trillend membraan in een oneindig groote schermplaat. De verdeeling is bepaald door één parameter a/λ (a = straal van het membraan, λ = golflengte), waarvan de waarde, vermenigvuldigd met 2π, bij elke kromme is aangegeven.

$$2\pi a/\lambda < \text{ongeveer } 2$$

de golven vrijwel bolsymmetrisch zijn, terwijl voor $2\pi a/\lambda > 2$ een steeds meer uitgesproken bundeling der golven optreedt. Bij een normale radioluidspreker heeft het trillende oppervlak (de conus) een straal a = 10 à 12 cm. De genoemde grenswaarde van de parameter beantwoordt hierbij aan een golflengte van ongeveer 35 cm, d.i. een frequentie van 1000 Hz. Tonen van lagere frequentie worden door de luidspreker naar alle richtingen gelijkmatig uitgestraald, tonen van hoogere frequentie echter hoofdzakelijk in richting van de hartlijn van de conus [2]).

Dit heel algemeene verschijnsel bij de geluidsstraling, dat de lage tonen een afkeer van bundeling, de hooge tonen juist een voorkeur er voor vertoonen, doet zich zoowel bij het gewenschte als bij het ongewenschte richteffect als een zekere moeilijkheid gelden. Voor het in de inleiding genoemde geval, waar een richteffect van de luidsprekers gewenscht was ter vermindering van de nagalm in een zaal, is het vrij lastig om ook voor de laagste tonen een behoorlijke bundeling te verkrijgen. Behoudens speciale maatregelen kan het gevolg zijn, dat de ongerichte geluidsbijdrage toch nog een hinderlijke nagalm doet ontstaan. Voor het geval daarentegen, waar een richteffect niet gewenscht is, zooals in de huiskamer, staat men juist voor het probleem, de bundeling speciaal van de hooge tonen te vermijden. Een dergelijke bundeling der hooge tonen heeft nl. tot gevolg, dat het timbre van het in zijdelingsche richting uitgestraalde geluid te dof en dat van het geluid recht vóór het toestel te scherp wordt, en dat het geluid recht vóór het toestel relatief het sterkst is behept met achtergrondgeruisch en eventueele storingen. De intensiteit van deze bijgeluiden is nl. juist bij de hooge frequenties het grootst.

[2]) Dit geldt ook voor hoogere frequenties, al is daar fig. 1 niet zonder meer toe te passen, omdat het membraan dan niet meer als één geheel trilt.

Het opheffen van het richteffect

Hoe kan nu de bundeling van de hooge tonen worden vermeden [3])? Een mogelijkheid hiertoe zou bestaan in het verkleinen van het stralende oppervlak, waardoor de grensfrequentie voor het optreden van het richteffect ($2\pi a/\lambda = 2$) hooger zou komen te liggen. Om echter met een kleinere luidspreker ook in de lagere tonen het gewenschte volume van het geluid te verkrijgen, moet men het membraan bij lage frequenties zeer groote amplituden geven, hetgeen tot vervorming leidt.

Een zeer bevredigende oplossing voor het opheffen van de bundeling wordt verkregen door in de uitgezonden geluidsgolven een lichaam te plaatsen, waardoor de golven verstrooid worden. Het effect van een dergelijke klankverstrooier is in *fig. 2* gedemonstreerd, die proeven weergeeft, genomen met een rimpelbak [4]). Fig. 2*a* en *b* laten zien, dat bij groote golflengte de „straling" bolvormig is, bij kleine golflengte gericht. In fig. 2*c* zijn in de gerichte straling twee „klankverstrooiers" aangebracht en men ziet, dat de gerichte golven weer overgaan in vrijwel bolsymmetrische golven.

Het is gemakkelijk in te zien, dat de afmetingen van het strooiende lichaam in een bepaalde verhouding moeten staan tot de golflengte λ van het te verstrooien geluid. Zijn de afmetingen zeer klein ten opzichte van λ, dan heeft het lichaam geen invloed op de uitbreiding der golven; zijn de afmetingen zeer groot ten opzichte van λ, dan treedt

[3]) In het reeds vermelde tegenovergestelde geval, waar het moeilijk was om de lage tonen te bundelen, kan een uitkomst worden gevonden in het onderdrukken van de golven met ongunstige uitbreidingsvorm (frequenties onder 300 Hz); de verstaanbaarheid gaat daarbij slechts weinig achteruit. In ons geval, waar juist de hooge tonen (boven 1000 Hz) de ongunstige uitbreidingsvorm hebben, komt deze methode natuurlijk niet in aanmerking, daar deze tonen noodzakelijk zijn voor een goede weergave.

[4]) Rimpelbak: een met water gevuld vat, waarin golfjes worden opgewekt, waarvan men de uitbreiding, reflectie, enz. nader kan bestudeeren. Van dit hulpmiddel wordt voor acoustische onderzoekingen vaak gebruik gemaakt; zie bijv. R. Vermeulen en J. de Boer, Philips techn. T. 1, 46, 1936, fig. 9.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

een gerichte reflectie der golven op, zoodat de richting der straling wordt gewijzigd, terwijl de bundeling behouden blijft. Het geval, dat een bol als strooiend lichaam in de golven is geplaatst, is behandeld door Stenzel[5]), die de intensiteit van het gestrooide geluid berekende als functie van de straal b van de bol en de golflengte λ. Wederom blijkt de gedaante van deze functie bepaald te zijn door één parameter, nl. b/λ. In *fig. 3* zijn de resultaten van de berekeningen voor verschillende waarden van de parameter weergegeven. Voor de practijk is de strooiïng voldoende, die beantwoordt aan de kromme voor $2\pi b/\lambda = 2$. Wil men voor het frequentiegebied van bijv. 1000 tot ca. 4000 Hz een ongeveer gelijkmatige strooiïng verkrijgen met slechts één strooiend lichaam, dan zal men de afmetingen daarvan dienen aan te passen aan een gemiddelde frequentie, dus bijv. 2000 Hz. Als klankverstrooier komt dan een bol met de straal $b = 6$ cm in aanmerking. Daar deze afmeting van dezelfde orde is als die der gebruikelijke luidsprekers, zou het geheele geluid van een luidspreker reeds met één strooiende bol voldoende verstrooid worden.

[5]) H. Stenzel, El. Nachr. Techn. **15**, 71, 1938.

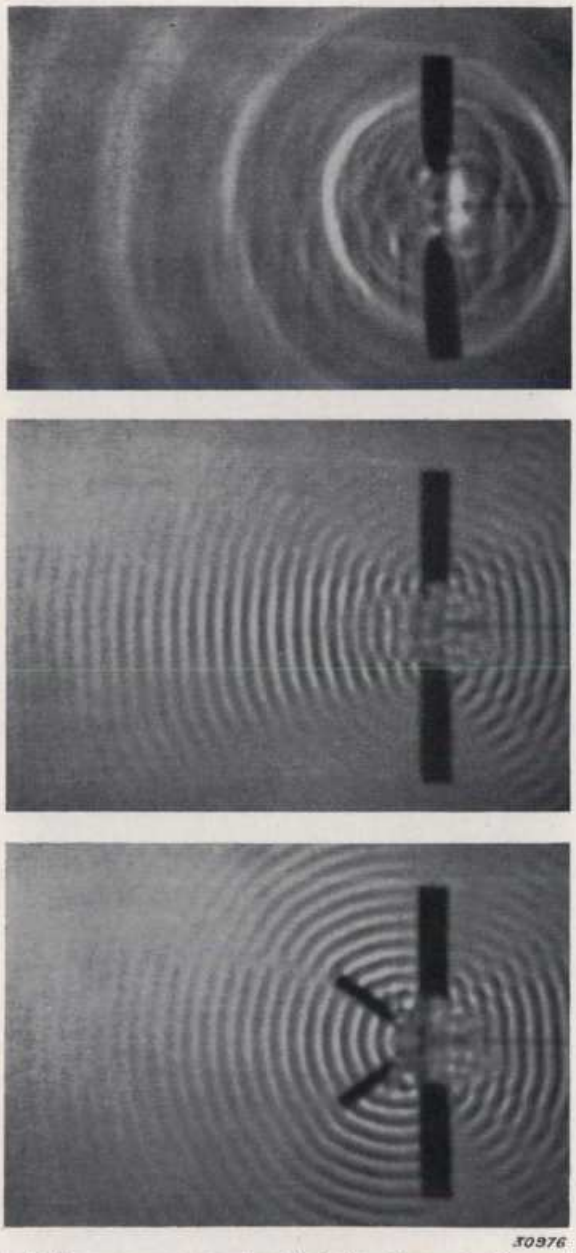


Fig. 2. Proeven met een rimpelbak, ter demonstratie van het optreden van een richteffect bij hooge frequenties en het opheffen ervan met behulp van klankverstrooiers.
a) De verhouding tusschen „geluidsbron" en golflengte is dezelfde als bij een luidspreker, die een toon van 1000 Hz uitstraalt; de geluidsintensiteit is naar alle kanten dezelfde.
b) De aequivalente frequentie is hier 7000 in plaats van 1000 Hz; het geluid is in één richting gebundeld.
c) Als b); door twee klankverstrooiers wordt de bundeling opgeheven.

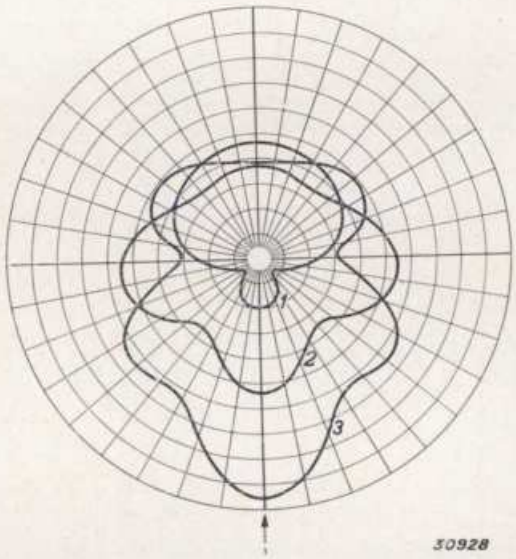


Fig. 3. Richtingsverdeeling van de (aan het boloppervlak gemeten) geluidsdruk van de door een bol gestrooide golf, volgens Stenzel. De geluidsdruk (gemeten ter plaatse van de bol) van de in de pijlrichting invallende golf is = 1 gesteld. De strooiïng is bepaald door de parameter b/λ, waarvan de waarde, vermenigvuldigd met 2π, bij elke kromme is aangegeven. Bij $2\pi b/\lambda = 2$ wordt een goede strooiïng verkregen, bij $2\pi b/\lambda = 3$ treedt reeds een sterke reflectie op.

Practische uitvoering der klankverstrooiers

Om constructieve redenen is een bol minder geschikt om als klankverstrooier in een luidspreker te worden aangebracht. Gebruikt men een afgeknotte kegel in plaats van een bol als klankverstrooier, dan komt men tot een zeer eenvoudige constructie. Deze vorm wordt dan ook bij de meeste Philips-luidsprekers toegepast. De gunstigste vorm van de kegel is door een groot aantal proeven bepaald. In *fig. 4a-d* zijn de resultaten van eenige metingen weergegeven. Deze metingen hebben betrekking op een radioluidspreker met een conushoek 104°, een diepte van de conus 6,4 cm en een straal van de conus 10 cm. Kegels met een tophoek van 50° en een hoogte van 6 cm (die dus

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

niet buiten de conus uitsteken, zie *fig. 5*) blijken reeds een merkbaar resultaat te geven. Bij een grootere tophoek (grooter grondvlak) bestaat de kans, dat het geluid recht vóór het toestel teveel verminderd wordt. De verstrooiïng wordt echter aanzienlijk beter als de kegel nog een stuk, bijv. 8 cm, buiten de conus van de luidspreker uitsteekt.

Nu moet bij de constructie van luidsprekers

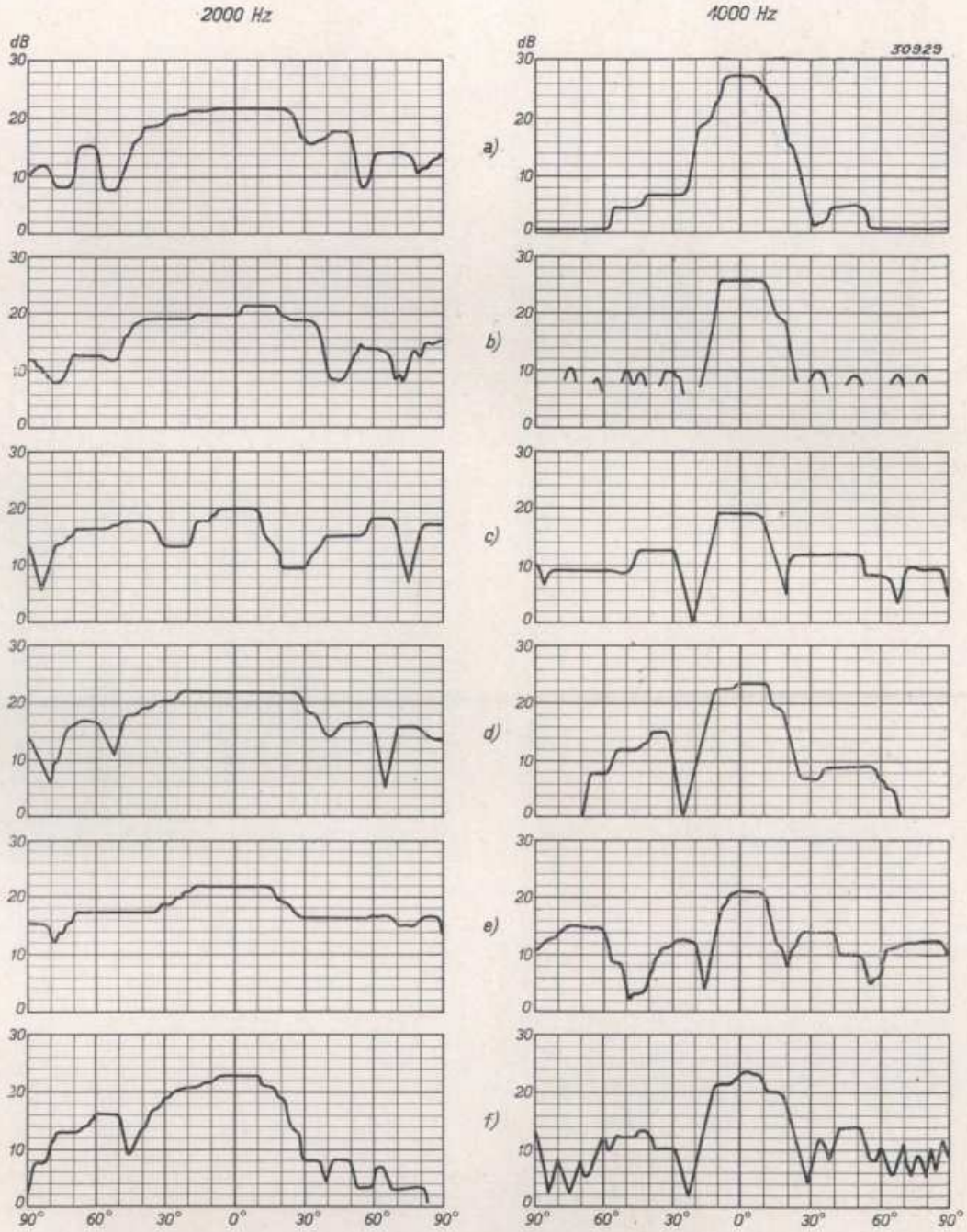


Fig. 4. Gemeten richtingsverdeeling der geluidsintensiteit van een luidspreker; de intensiteiten zijn gemeten in db. De registrogrammen links zijn opgenomen bij 2000 Hz, die rechts bij 4000 Hz. De scherpe minima, die soms onder bepaalde hoeken optreden, zijn te wijten aan interferenties, die ontstaan, doordat het membraan bij deze hooge frequenties niet meer als een geheel trilt. De metingen zijn in de open lucht gedaan. Bij de luidspreker in de huiskamer vallen de minima niet op, daar bij het directe geluid het aan de wanden gereflecteerde komt.

a) Richtingsverdeeling zonder klankverstrooier.
b) Strooiende kegel met tophoek 20°, 14 cm lang.
c) Strooiende kegel met tophoek 50°, 14 cm lang.
d) Strooiende kegel met tophoek 50°, 6 cm lang.
e) Strooiende schotten onder ca. 50°, 14 cm lang.
f) Strooiende schotten onder ca. 50°, 6 cm lang.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

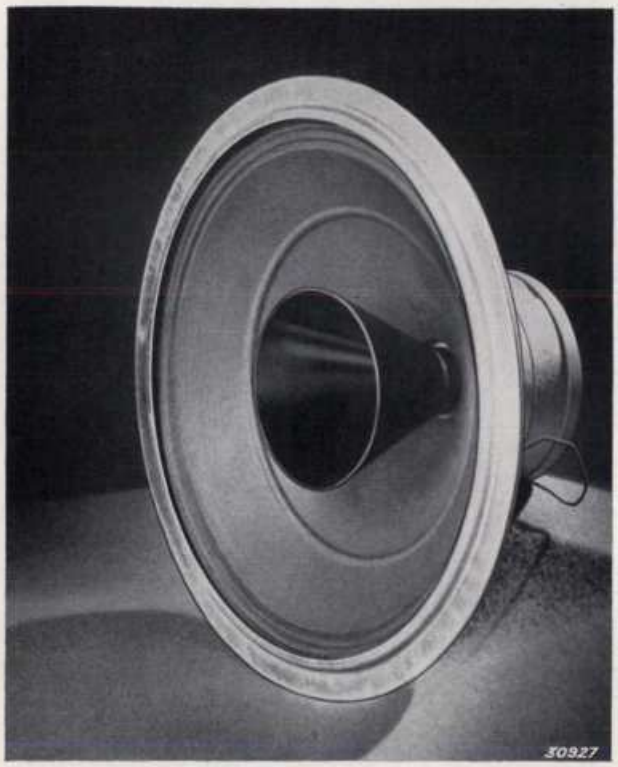


Fig. 5. Luidspreker met in de conus aangebrachte kegelvormige klankverstrooier.

voor radiotoestellen terdege rekening worden gehouden met de noodzaak, om de luidspreker onder te brengen in een kast, waaraan uit aesthetisch oogpunt bepaalde eischen worden gesteld. Gezien de geringe diepte, die voor het inbouwen van de luidspreker ter beschikking staat, zou een ver buiten de luidsprekerconus uitstekende kegel hier een lastig obstakel vormen. Derhalve is bij de Philips-luidsprekers, voor zoover nog een verbetering van de, met een kleine kegel bereikte verstrooiïng gewenscht leek, een sterkere verstrooiïng bewerkstelligd door middel van twee symmetrisch voor de luidsprekerconus geplaatste verticale schotjes. Ook hiervan werden de gunstigste afmetingen en plaats proefondervindelijk bepaald. In fig. 4*e-f* zijn enkele resultaten van deze metingen weergegeven. *Fig. 6* is een foto van een luidspreker met schotjes. De schotten kunnen met de radiokast tot een goed geheel worden vereenigd.

Terwijl bij gebruik van een kegel als klankverstrooier de verkregen vorm van de geluidsgolf omwentelingssymmetrisch is ten opzichte van de as van de luidspreker, wordt door de verticaal geplaatste schotjes het geluid alleen in één horizontaal vlak uitgespreid. Dit is voor de toepassing in de huiskamer geen bezwaar, daar hier de hoofden der luisteraars zich allen op ongeveer dezelfde hoogte bevinden.

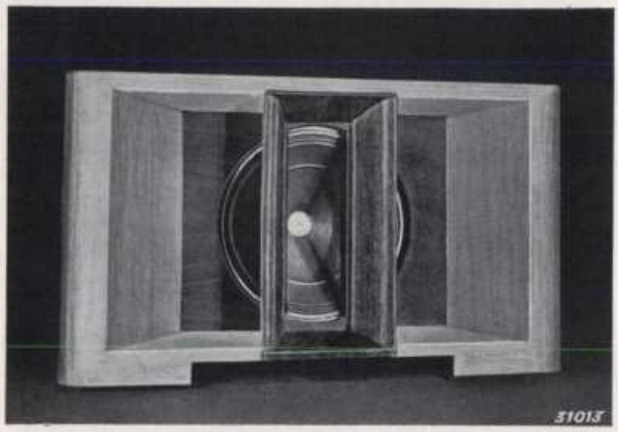


Fig. 6. Luidspreker van het Philips-ontvangtoestel 850A, met schotten voor de luidsprekerconus als klankverstrooiers.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

DE INSTALLATIE VAN OMROEPSTUDIO'S

621.396.712.3

Er wordt een beschrijving gegeven van de omroeptechnische inrichting van een studiogebouw, waarbij als voorbeeld de installatie van de A.V.R.O. en in het kort ook die van de K.R.O. te Hilversum worden besproken. Speciale aandacht wordt geschonken aan de bouw der centrale regeltafels en de voorzieningen voor de organisatie der uitzendingen.

Voor de inrichting van een omroepgebouw zijn twee gezichtspunten van overheerschend belang. Ten eerste moeten de geluiden, die men wil uitzenden, met de vereischte zuiverheid en storingsvrijheid, de juiste sterkte en de gewenschte onderlinge sterkteverhouding op de telefoonlijn naar de zender gebracht worden. Ten tweede moet de mogelijkheid gegeven zijn om het zeer gevarieerd samengestelde dagelijksche programma voor te bereiden en vlot af te wikkelen. Vooral het eerste gezichtspunt is van invloed op de verschillende onderdeelen van het omroepbedrijf. Het tweede gezichtspunt bepaalt in hoofdzaak de omvang van de installatie en maakt het aanbrengen van een reeks van organisatorische hulpmiddelen noodig.

In het volgende willen we een beschrijving geven van de inrichting en de gang van zaken in een omroepgebouw, waarbij als voorbeeld speciaal zal worden behandeld het A.V.R.O.-studiogebouw te Hilversum [1]). De bovengenoemde gezichtspunten zullen ons daarbij als leiddraad dienen.

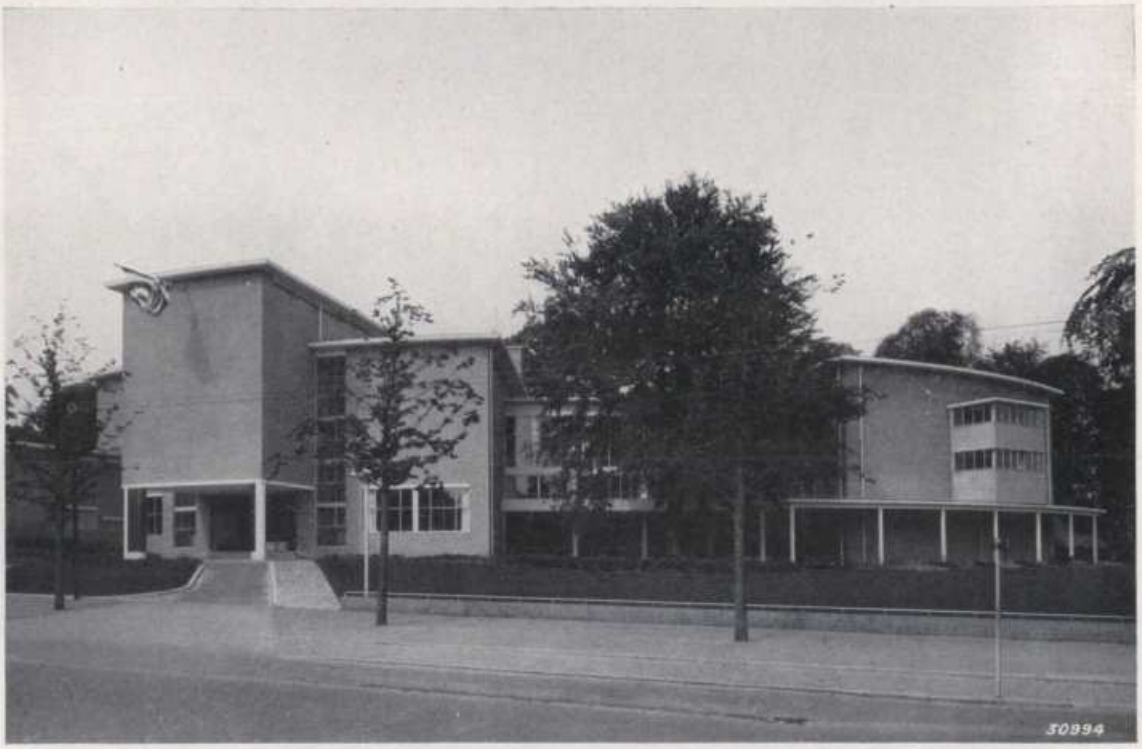


Fig. 1. Het A.V.R.O.-studiogebouw te Hilversum (1936). De studio's zijn zooveel mogelijk van de buitenwereld afgescheiden, vandaar de groote vensterlooze muurvlakken.

Samenstelling van het omroepprogramma

Om een overzicht te verkrijgen van hetgeen er in een omroepgebouw noodig is, willen we eerst een blik werpen op de onderdeelen, waaruit het dagelijksche omroepprogramma is samengesteld. Daar zijn in de eerste plaats de muziekuitzendingen in alle schakeeringen tusschen orkestmuziek, kamermuziek, jazzmuziek en uitvoeringen van solisten. Dan komen lezingen voor, en hoorspelen, waarbij niet alleen het geluid van verschillende sprekers, maar ook een groote verscheidenheid van acoustische décors te pas komt. Deze décors bestaan uit bijgeluiden, die een acoustische illusie moeten scheppen en die tusschen de dialoog door of als achtergrond gehoord worden; een bijzondere vorm van acoustische illusie is het suggereeren van groote ruimten door een lange nagalm. Een belang-

[1]) Het ontwerp van deze studio-installatie werd gemaakt volgens de adviezen van Prof. Dr. Ir. W. Th. Bähler en Ir. F. R. Th. Kröner; zij werd uitgevoerd door N.S.F.-Philips.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Fig. 2. Podium van de groote concertzaal in het A.V.R.O.-gebouw. De twee hengelmicrofoons hangen in rails aan het plafond, waarin zij verschoven kunnen worden, om zoo vrij mogelijk over de plaats van de microfoons te kunnen beschikken. Op de achtergrond ziet men de mengcabine, die door driedubbele glasruiten van de zaal is gescheiden.

rijk onderdeel van het programma vormt verder de gramofoonmuziek. Bij dit alles behooren de mededeelingen van den omroeper. Verder is er een pauzeteeken en een tijdsignaal, en tenslotte moet soms ook, bijv. bij reportages, een via een telefoonlijn naar het omroepgebouw overgebrachte uitzending hier pasklaar gemaakt worden voor de zender, al of niet onder bijmenging van geluid afkomstig uit het gebouw zelf.

De verschillende hier opgesomde soorten van uitzendingen vragen elk een geschikte ruimte, waar het geluid wordt voortgebracht. Het A.V.R.O.-stu-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

diogebouw (*fig. 1*), dat we als een voorbeeld van een modern omroepgebouw kunnen beschouwen, bevat o.a. een groote en een kleine concertzaal, een dansmuziek-studio, een groote en een kleine hoorspelstudio, verder ruimten voor sprekers, voor de omroeper, voor het maken van acoustische effecten enz. Het geluid, dat in de studio's wordt voortgebracht, kan van een regelbare nagalm worden voorzien door middel van de zg. echokelder. Dit is een ruimte met zeer lange nagalm, waar een luidspreker en een microfoon zijn opgesteld. Laat men de luidspreker het uit de zaal komende geluid weergeven, dan vangt de microfoon mede de nagalm in de echokelder op en deze kan langs electrische weg in de gewenschte mate bij het uit te zenden geluid worden gevoegd.

plaatsen in de zaal aangesloten kunnen worden. In de groote concertzaal van het A.V.R.O.-gebouw (*fig. 2*) bijv. bevinden zich vijf microfoons, terwijl tien microfoon-aansluitkastjes zijn aangebracht. De microfoonstroomen worden versterkt in microfoonversterkers, die in de nabijheid van de aansluitkastjes zijn opgesteld, om de microfoonstroomen voor hun verdere reis al dadelijk wat minder gevoelig te maken tegen storende invloeden.

De versterkte microfoonstroomen worden nu

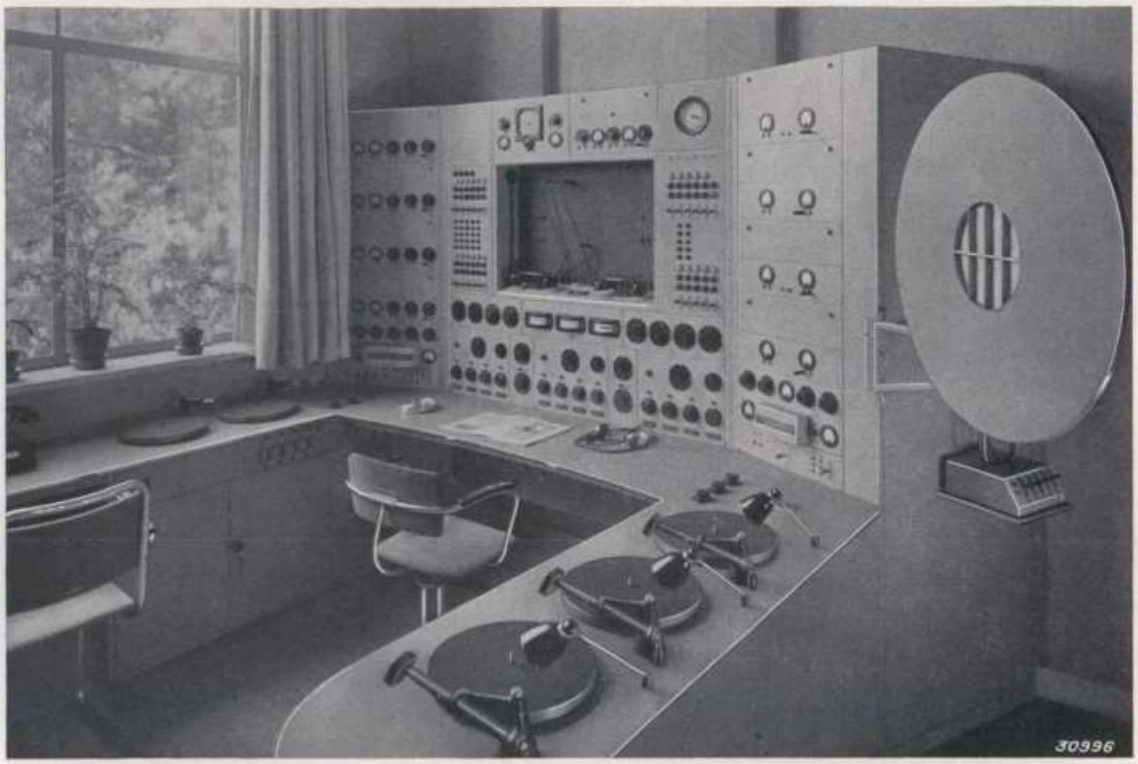


Fig. 3. Een centrale regeltafel van de A.V.R.O. Vlak boven het tafelblad recht vóór de plaats van de geluidsmenger ziet men de regelknoppen van de drie menggroepen; daarboven de drie meetinstrumenten voor het maximale, minimale en gemiddelde niveau; midden op het paneel het centrale klinkenveld, waarop de zendleider de beschikbare regelaars der menggroepen aan alle binnenkomende geleidingen van microfoons, gramofoons en telefoonlijnen kan verbinden, met aan weerskanten de signaallampjes en drukknoppen voor lichtsignalen in de studio's. Links en rechts van het regelpaneel rekken met versterkers. Aan weerskanten van de plaats van de geluidsmenger een stel draaitafels. Geheel rechts de contrôle-luidspreker.

Versterken, mengen en regelen van het geluid

We willen nu de loop van het geluid van de studioruimte tot de zender meer in detail volgen.

Elke studio bevat naar gelang van zijn grootte verscheidene microfoons, die op verschillende „gemengd". Het mengen bestaat daarin, dat de stroomen, afkomstig van verschillende microfoons en langs verschillende lijnen toegevoerd, door een persoon, die in het algemeen de leiding van de geheele uitzending heeft, worden samengevoegd en met behulp van regelweerstanden op de gewenschte onderlinge sterkteverhouding worden gebracht. Daarna moet de resulteerende stroom, na wederom te zijn versterkt, nog eens geregeld worden om tot het gewenschte lijnniveau te komen. Dit niveau moet zoo gekozen zijn, dat aan de eene kant de sterkste passages van het geluid geen hinderlijke

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

niet-lineaire vervorming ondervinden, terwijl aan de andere kant de zachtste passages nog voldoende boven het geruisch uitkomen. Gezien de groote variaties in sterkte, welke in spraak en muziek voorkomen, is doorloopende contrôle en eventueele bijregeling van het uitgezonden programma noodzakelijk. Een regeltafel (in het A.V.R.O.-gebouw), waar het mengen en regelen geschiedt, is in *fig. 3* afgebeeld. Geheel rechts ziet men de contrôle-luidspreker, waarmee de leider van de uitzending het uitgezonden geluid beluistert. Voor het regelen laat hij zich echter niet alleen door de kwalitatieve indruk van het geluid uit de luidspreker leiden, maar ook door de kwantitatieve aanwijzingen van drie meetinstrumenten (resp. voor de grootste pieken en de zachtste passages in het geluid en de gemiddelde geluidssterkte), die midden op het regelpaneel fig. 3, recht vóór de plaats van de menger te zien zijn.

Voor sommige uitzendingen, zooals bijv. een concert met medewerking van solisten, is het gewenscht, dat het mengen der bijdragen van de verschillende microfoons kan geschieden door iemand, die in visueel contact staat met de uitvoerenden. De grootste studio's in het A.V.R.O.-gebouw zijn derhalve voorzien van kleine cabines, waarin de stroomen van alle microfoons, na versterking, samenkomen op een mengtafeltje. De cabine is door driedubbele glasruiten geluidsdicht van de zaal afgesloten, en de menger ontvangt het geluid door een hoofdtelefoon of een luidspreker, die in functie overeenkomt met de contrôle-luidspreker naast de centrale regeltafel in fig. 3. In fig. 2 ziet men de glazen mengcabine op de achtergrond. In *fig. 4* is een mengtafeltje weergegeven, zooals in deze cabines wordt gebruikt. De in de cabine gemengde microfoonstroomen worden weer naar de centrale regeltafel geleid.

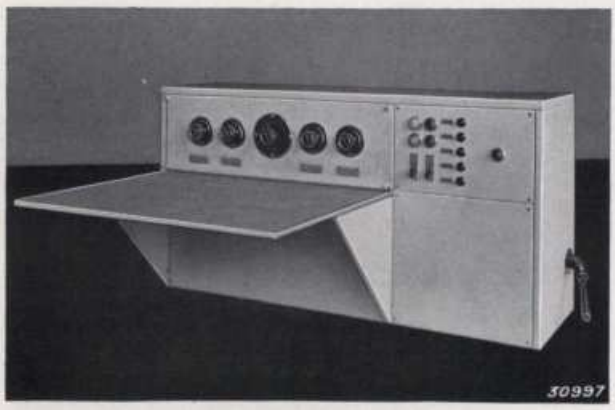


Fig. 4. Kleine mengtafel, die in de mengcabines der studio's van de A.V.R.O. wordt gebruikt.

Inrichting van de centrale regeltafel

Bij uitzendingen, waar vele microfoons, in verschillende ruimten opgesteld, een bijdrage leveren, zou het omslachtig zijn, als men bij regeling van de bijdrage van eenige microfoons telkens alle stroomen afzonderlijk moest regelen. In een hoorspel bijv., waar een acoustisch décor voorkomt, dat uit verschillende geluiden is samengesteld, wil men dit décor in zijn geheel laten verschijnen of verdwijnen. Daarom zijn de regelaars op de mengtafel samengevat in groepen van vier, die weer gezamenlijk geregeld kunnen worden. De regeltafel in fig. 3 bevat drie dergelijke menggroepen.

Na het mengen wordt het geluid van elke menggroep versterkt in een eigen versterker *A* (*fig. 5*). Iedere versterker *A* bevat drie parallelgeschakelde eindtrappen *a, b, c*, waarvan het volume afzonderlijk geregeld kan worden. Zooals in de schematische teekening fig. 5 is te zien, zijn de uitgangen *a* van alle drie versterkers *A* weer vereenigd, evenzoo de drie uitgangen *b*, resp. *c*. De stroomen van de vereenigde uitgangen *a* zijn bestemd voor de zender. De vereenigde uitgangen *b* dienen voor het voeden, via een gemeenschappelijke regelaar, van de zg. décor-luidsprekers in de studio's. Op deze wijze kan een décor langs acoustische weg in het programma gebracht worden. Bij hoorspel-uitvoeringen is dit zeer gewenscht, om niet alleen de luisteraars maar ook de uitvoerende kunstenaars zèlf in de sfeer te laten komen, die door de geluidsachtergrond wordt uitgebeeld. Natuurlijk moet bij een dergelijke acoustische bijmenging van het décor er tegen gewaakt worden, dat een acoustische terugkoppeling intreedt. De regelknoppen *a* en *b* van elke groep zijn daarom zoodanig vergrendeld, dat *b* niet ingeschakeld kan worden als *a* in werking is: van een microfoon, die reeds de zender voedt, kan geen stroom aan de décor-luidsprekers toegevoerd worden, dus met name niet aan de décor-luidspreker in dezelfde ruimte als de microfoon. Daarentegen kan wèl, als een knop *b* in gebruik is genomen en dus reeds zekerheid verkregen is, dat geen acoustische terugkoppeling optreedt, de knop *a* van dezelfde groep (décor-groep) in werking treden: het décor-geluid wordt dan rechtstreeks, electrisch bij het aan de zender toe te voeren geluid gevoegd. Door de indeeling in drie menggroepen kan men twee décors naast de hoofdgroep gelijktijdig klaarmaken en van de eene onmiddellijk op de andere overgaan.

De nog overblijvende uitgangen *c* voeden, wederom via een gemeenschappelijke regelaar en een versterker, de luidspreker in de reeds vermelde

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

echokelder, waardoor de gewenschte nagalm in de uitzending kan worden verkregen. Doordat de drie uitgangen van elke versterker *A* afzonderlijk te regelen zijn, kan men de van de drie menggroepen komende bijdragen tot het geheele geluid elk afzonderlijk van de gewenschte nagalm voorzien. De stroom van de echomicrofoon wordt (na uitgang van de versterker *C* is weer in drieën gesplitst en voedt tegelijkertijd of naar keuze de telefoonlijn naar de zender, via krachtversterkers de contrôle-luidsprekers in het studiogebouw (bijv. naast de regeltafel, fig. 3), en een apparatuur voor geluidsregistratie.

De versterkers *A* en de versterkers *B* en *C* met

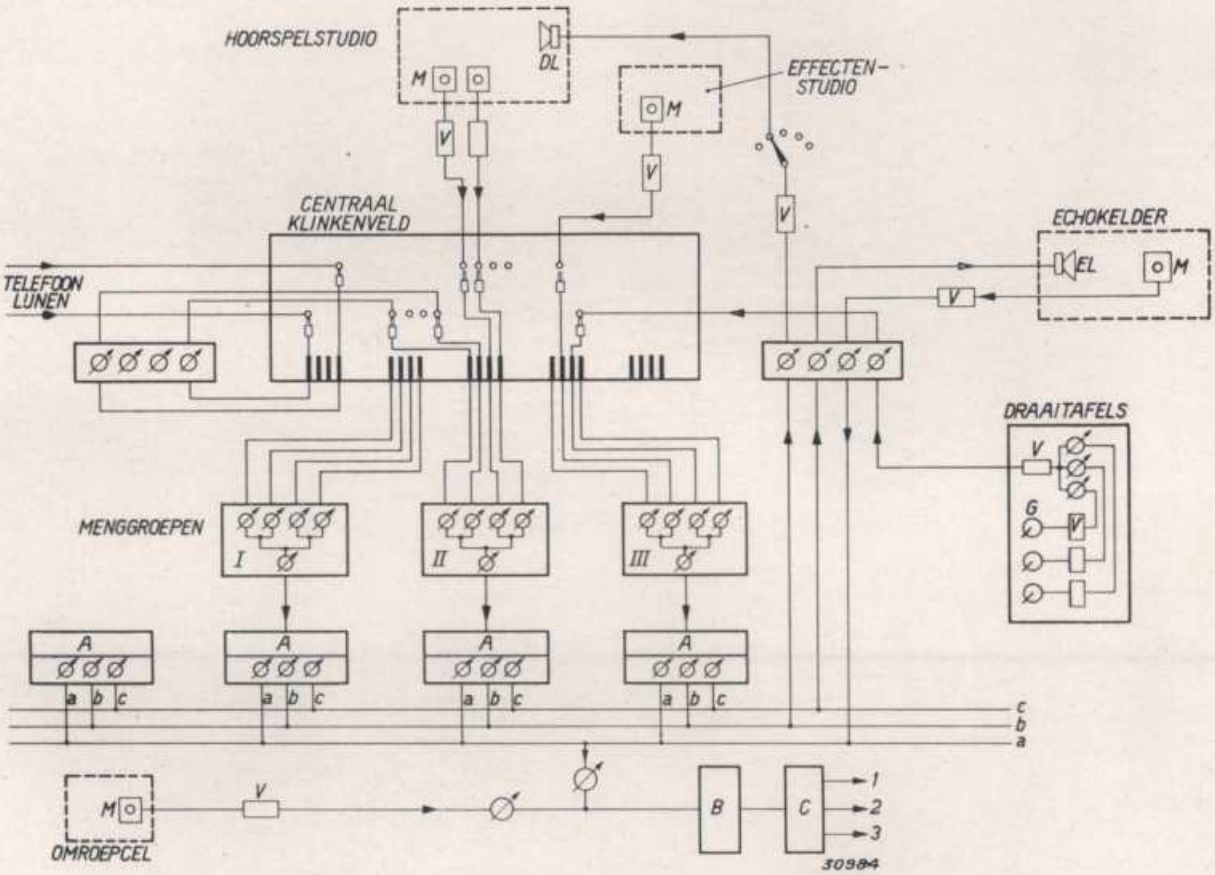


Fig. 5. Vereenvoudigde schematische voorstelling van de centrale regeltafel. Op het centrale klinkenveld zijn eenige aansluitingen van de drie menggroepen *I*, *II*, *III* aangegeven, die bijv. bij een hoorspeluitvoering kunnen voorkomen. De „programma-groep" (*II*) ontvangt in het voorgestelde geval de stroomen van twee microfoons uit de hoorspelstudio en van twee telefoonlijnen (die eerst nog over lijnregelaars geleid zijn). De in bedrijf zijnde „décor-groep" (*III*) ontvangt stroomen uit de effecten-studio en van de draaitafels. Elke menggroep heeft een versterker *A* met drie uitgangen *a*, *b*, *c*, die bijeengevoegd zijn zooals aangegeven is. De uitgangen *b* voeden de décor-luidsprekers (*DL*) in de studio's, de uitgangen *c* de luidspreker (*EL*) in de echokelder. De stroomen van de echomicrofoon en van de microfoon in de omroepcel worden bij de stroomen van de uitgang *a* gevoegd en tezamen in versterkers *B* en *C* versterkt. De drie uitgangen *1*, *2*, *3* van *C* dienen voor voeding van de zender, van de contrôle-luidsprekers en van een apparatuur voor geluidsregistratie. *V* zijn diverse versterkers, *M* microfoons, *G* gramofoon-weergevers.

versterking en regeling) bij de stroomen der *a*-uitgangen gevoegd.

Het zoo verkregen volledige programma wordt aan twee in cascade geschakelde versterkers (*B* en *C*) toegevoerd. Aan deze voert men ook de reeds vóórversterkte microfoonstroomen toe van de omroeper in de omroepcel. Het geluid van het geheele programma kan hier nog eens door een hoofdregelaar met één handgreep geregeld worden ten opzichte van het geluid van de omroeper. De noodzakelijke reserves zijn in fig. 3 links en rechts van het regelpaneel opgesteld. Verder ziet men aan weerskanten van de plaats van de geluidsmenger een aantal draaitafels voor gramofoonplaten. Bij elke draaitafel behoort een zg. bascorrector, een gramofoonversterker en een volumeregelaar. Het geluid van alle vijf draaitafels wordt tezamen aan een verdere versterker met filter voor het uitzeeven van het naaldgeruisch, en via een hoofdregelaar aan een der menggroepen toegevoerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het aansluiten der verschillende programmabijdragen aan de menggroepen geschiedt met behulp van een centraal klinkenveld, dat in fig. 3 midden op het regelpaneel te zien is. De geleidingen van alle microfoons, komende uit de studio's, van alle groepen van microfoons, komende uit de kleine mengcabines, van de groep van gramofoondraaitafels, en een aantal van buiten komende telefoonleidingen voor muziek en spraak, eindigen in klinken op dit klinkenveld. Elke regelaar van de menggroepen kan met een snoer en stop op elke willekeurige klink worden aangesloten. De geluidsmenger kan dan bij de regelaar een bordje aanbrengen, waarop de aangesloten klink vermeld is. De bordjes worden magnetisch op hun plaatsen vastgehouden, zoodat het verwisselen zeer gemakkelijk gaat.

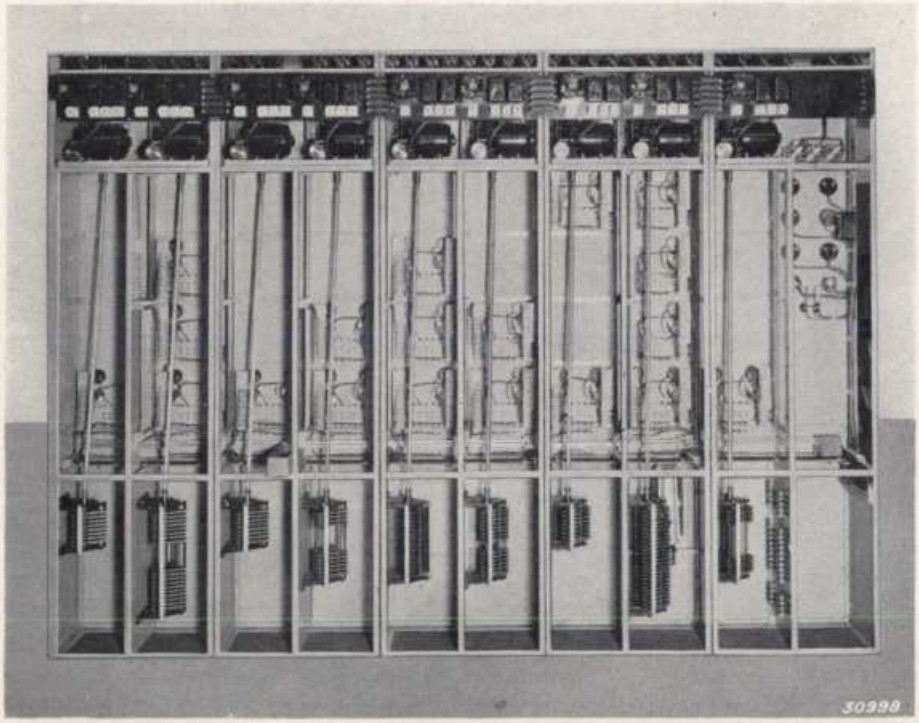


Fig. 6. Paneel met omschakelaars, van achteren gezien. De motoren (boven) zijn ter vermijding van een storende beïnvloeding door middel van lange aandrijfassen op een behoorlijke afstand gehouden van de microfoonleidingen, die naar de beneden opgestelde omschakelaars gaan.

Organisatie van de uitzendingen

Het A.V.R.O.-studiogebouw bevat twee geheel gelijke en onafhankelijke centrale regeltafels als hierboven beschreven. Daardoor is de mogelijkheid gegeven om twee zenders gelijktijdig met verschillende programma's te verzorgen, of om tijdens de uitzending van één programma een ander te repeteeren (waarvoor overigens ook de kleine mengcabines kunnen dienen) of door geluidsregistratie voor latere uitzending vast te leggen.

De centralisatie van de leiding van een uitzending op een centrale regeltafel veroorlooft een behoorlijk overzicht van de gang van zaken en maakt een groot aantal schakelcombinaties mogelijk. Deze centralisatie, en vooral het gelijktijdig in functie zijn van twee dergelijke centra, vereischt speciale voorzieningen voor het vlug klaarmaken van alle noodige verbindingen, voor het vermijden van fouten en voor het noodzakelijke contact van de leider der uitzending met de uitvoerenden en de technici. Deze voorzieningen in het A.V.R.O.-gebouw willen we nog in het kort bespreken.

Een studio kan natuurlijk niet door beide regeltafels tegelijk bediend worden. Voor elke studio is derhalve een omschakelaar aanwezig, die alle microfoon- en andere geleidingen uit die ruimte gelijktijdig aan de ééne of aan de andere regeltafel legt. De omschakelaar wordt door een motor aangedreven. Door een vergrendeling is zorg gedragen, dat de motor aan één tafel eerst ingeschakeld kan worden, als de desbetreffende studio door de andere regeltafel is uitgeschakeld. Door het samenvoegen van alle geleidingen van een studio in één omschakelaar gaat het overschakelen van één tafel op de andere zeer vlug en kan het niet voorkomen, dat nood-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zakelijke verbindingen vergeten worden. De microfoon- en andere leidingen, zijn in het geheele gebouw goed gescheiden. De scheiding is ook in de omschakelaars doorgevoerd door deze in twee onderling electrisch afgeschermde gedeelten uit te voeren. Een gelijksoortige omschakelaar zorgt ervoor, dat de naar de zender gaande telefoonlijn slechts aan de uitgang van één der regeltafels aangesloten kan zijn. Met deze omschakelaar worden tevens op verlijnen naar het klinkenveld van de ééne of de andere regeltafel doorverbonden.

Een vergrendeling is nu ook noodig voor de echokelder: als deze op één regeltafel ingeschakeld is, mag de echo-luidspreker natuurlijk geen geluid van de andere regeltafel weergeven, daar dan in de echomicrofoon de beide programma's door elkaar gemengd zouden worden.

Het contact tusschen den leider, de uitvoerenden

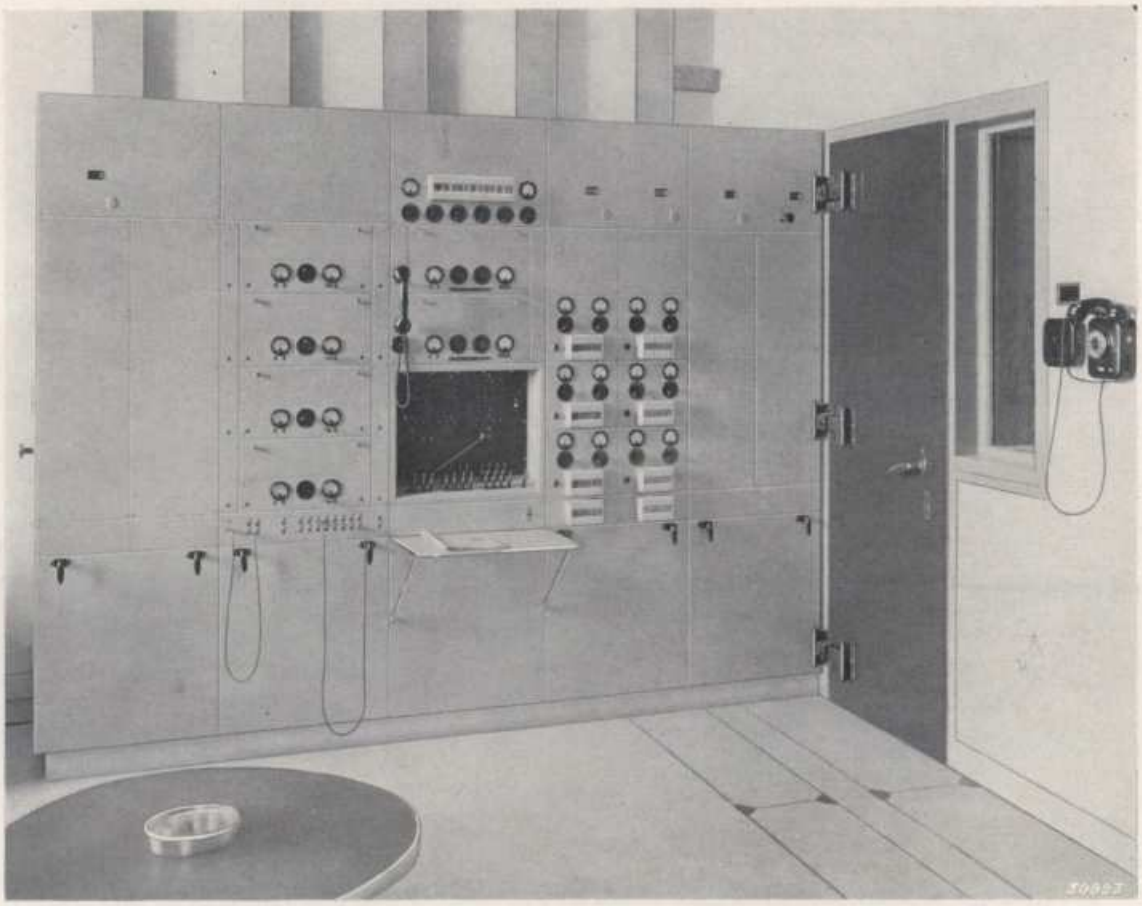


Fig. 7. Schakelrek met versterkers en lijnklinkenpaneel in de apparatenruimte van het A.V.R.O.-gebouw. Dit rek bevat ook twee correctie-versterkers, waardoor de lage en/of hooge frequenties van het langs telefoonlijnen binnenkomende geluid tot 20 db ten opzichte van de middelste frequenties kunnen worden versterkt. Het niveau van de telefonische bijdragen tot het programma wordt door een stel lijnregelaars op de regeltafel (fig. 3, links naast de drie meetinstrumenten onder het centraal klinkenveld) gelijk gemaakt aan dat der overige onderdeelen van het programma: alle klinken op het centraal klinkenveld voeren dan een niveau van −23 db ten opzichte van het zendlijnniveau (5 mW).

schillende punten in het gebouw geplaatste contrôleluidsprekers aan die tafel aangesloten. In *fig. 6* is een kast met een groep van deze omschakelaars weergegeven. De schakelaars alsmede alle overige gemeenschappelijke hulpapparaten van de twee regeltafels zijn in een apparatenruimte opgesteld, waar *fig. 7* een kijkje in geeft. Op het klinkenveld in het midden van het hier afgebeelde paneel worden door het bedieningspersoneel de van buiten het omroepgebouw komende muziek- en spraak- en de technici wordt gewaarborgd door een uitgebreide signaalinstallatie. Zoolang de uitzending nog niet is begonnen, kan de leider door een commandomicrofoon op de regeltafel, die hij kan aansluiten op de commando-luidspreker in elke studio, mondelinge aanwijzingen aan de medewerkenden geven. Zoodra echter de uitzending aanvangt, mogen natuurlijk geen commando's meer in de studio weerklinken. De commando-microfoon wordt derhalve automatisch uitgeschakeld, als de regeltafel met de lijn

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

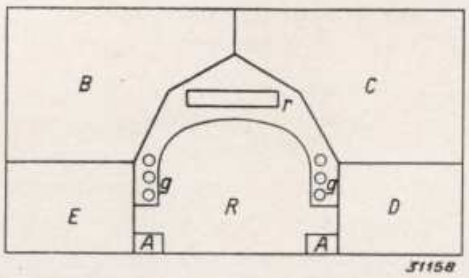


Fig. 8. Schetsmatige plattegrond van de opstelling der regietafel in het K.R.O.-gebouw. *R* regiekamer met regelpaneelen *r*, versterkers *A* en gramofoondraaitafels *g*. De ruimte staat in open verbinding met de studio *E*, waar de acoustische décors voor de hoorspelen worden gemaakt, en de kleine hoorspelstudio *D*. Van de kamermuziekstudio *B* en de groote hoorspelstudio *C* is de regiekamer door driedubbele glasruiten geluidsdicht afgescheiden.

naar de zender verbonden wordt. Wanneer nu de uitzending moet beginnen, wordt dit vooraf door een groen lichtsignaal in de studio kenbaar gemaakt. Van daar wordt daarna een wit lichtsignaal naar de regeltafel gegeven ten teeken, dat de medewerkenden gereed zijn. Een rood signaal in de studio geeft nu het bevel: „Beginnen". Vijf andere, vaak voorkomende aanwijzingen zooals „Luider spreken", „Nog vijf minuten zendtijd" enz. kunnen dan door transparanten gegeven worden, die de leider met een reeks drukknoppen op de regeltafel kan inschakelen (naast het centrale klinkenveld in fig. 3).

Is de kleine mengcabine van een studio in bedrijf, dan wordt de signaleering over deze geleid. Verder zijn er contrôle-lampen, die op elke regeltafel automatisch aangeven, welke studio's op de eene en welke op de andere regeltafel zijn aangesloten; lampen, die aangeven, dat de microfoonversterkers in de apparatenruimte zijn ingeschakeld, en andere, die aldaar aangeven, welke mengcabines voor een repetitie in gebruik zijn; roode lampjes, die bij elke regelaar in de diverse menggroepen oplichten, zoodra hij bediend moet worden, nl. wanneer hij aan een klink op het klinkenveld is aangesloten en het roode signaal aan de studio is gegeven; enz. Vanzelfsprekend is er ook een telefonische verbinding

Fig. 9. Regietafel van de K.R.O. Boven de regelpaneelen de contrôle-luidspreker, rechts daaronder de commando-microfoon. De versterkers *A* voor deze tafel (verg. fig. 5) staan in de regiekamer, de overige versterkers voor de regietafel en voor de bovendien nog aanwezige twee gewone regeltafels zijn in een gemeenschappelijke apparatenruimte ondergebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

tusschen alle regeltafels, de omroeper en de groote studio's. Als één der telefoons op de regeltafels wordt opgenomen, wordt automatisch het volume van de contrôle-luidspreker verminderd, zoodat het telefoongesprek er niet door gehinderd wordt.

Een hoorspel-regietafel

De inrichting der regeltafels in een omroepgebouw hangt goeddeels er van af, op welke punten in de samenstelling van het programma de nadruk wordt gelegd. De hier beschreven installatie van het A.V.R.O.-gebouw voorziet in alle benoodigde en gewenschte combinaties, zonder dat een bepaald soort uitzendingen op de voorgrond treedt. Het is wellicht interessant, een voorbeeld van een andersoortig geval hier tegenover te plaatsen. In het K.R.O.-gebouw te Hilversum, waarvan de omroeptechnische installatie eveneens door N.S.F.-Philips is uitgevoerd, is de nadruk gelegd op meer visueel contact bij het uitzenden van hoorspelen. Hierbij komt het nl. vaak voor, dat verscheidene studio's tegelijk medewerken. Daarom is er een speciale regietafel opgesteld, die direct resp. door driedubbele glazen ruiten in contact staat met drie studio's tegelijk, nl. met de groote hoorspelstudio, de kleine hoorspelstudio en de kamermuziekstudio, terwijl tevens de regiekamer onmiddellijk aansluit op de ruimte, waar de acoustische effecten voor hoorspelen worden voortgebracht. In *fig. 8* is de plattegrond van deze opstelling geschetst, terwijl *fig. 9* de regietafel weergeeft. De regietafel is, in tegenstelling met de vroeger vermelde mengcabines, van alle benoodigdheden voorzien voor het verzorgen van een geheele uitzending; zij kan dus evenals de twee regeltafels, die bovendien nog in het gebouw aanwezig zijn, rechtstreeks op de lijn naar een zender worden aangesloten. De twee regeltafels, voor welke de behoefte aan schakelmogelijkheden nu kleiner is, doordat de regietafel een deel hunner functies overneemt, zijn hier eenvoudiger uitgevoerd dan de in fig. 3 afgebeelde; zij bevatten bijv. ieder slechts één menggroep. Naast de vergemakkelijking van de uitvoering van hoorspelen is een ander voordeel van de bij de K.R.O. gekozen indeeling, dat nu zoo noodig drie zenders tegelijkertijd met verschillende programma's verzorgd kunnen worden. Teneinde het aantal repetities, die gelijktijdig plaats kunnen vinden, door het samenvatten van verschillende mengcabines in één regieruimte niet te zeer te verkleinen, zijn de beide regeltafels zoo ingericht, dat zij gedurende een uitzending gelijktijdig voor een eenvoudige repetitie gebruikt kunnen worden. De groote concertstudio heeft weer een eigen mengcabine, terwijl bovendien één der beide regelkamers in visueel contact staat met de kleine concertstudio.

Bewerkt door S. GRADSTEIN.

DE BETEEKENIS VAN EEN CONSTANTE TOPTIJD BIJ BLIKSEMLICHTLAMPEN

door J. A. M. van LIEMPT en P. LEYDENS. 771.448.1

In een vroeger artikel in dit tijdschrift [1]) werd uiteengezet, dat het bij het fotografeeren met bliksemlicht bepaalde voordeelen biedt, de bliksemlichtlamp en de sluiter van het fototoestel samen te kunnen bedienen met behulp van een synchronisator. Dit is een hulpapparaatje, dat op de camera wordt aangebracht en er voor zorgt, dat de sluiter een bepaalde (liefst instelbare) tijd na het ontsteken van de bliksemlichtlamp wordt bediend. Door een synchronisator toe te passen kan men bijv. momentopnamen maken met belichtingstijden korter dan de flitstijd van de lamp.

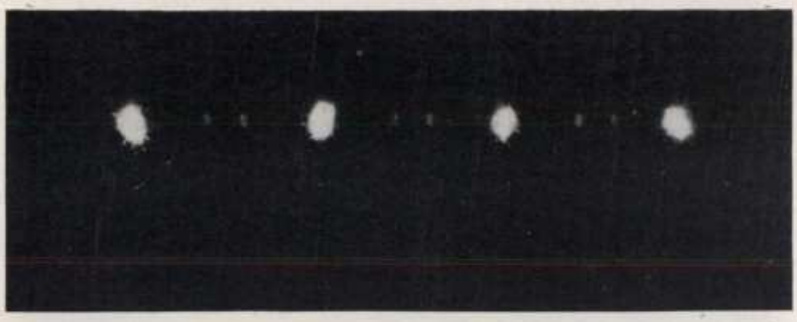
Bij de zoojuist genoemde toepassing van de synchronisator is het natuurlijk gewenscht, dat de belichting plaats vindt op het moment, dat de bliksemlichtlamp de grootste lichtsterkte heeft. Aangezien nu het tijdsverschil tusschen het inschakelen van de bliksemlichtlamp en het openen van de sluiter door de instelling van de synchronisator [2]) is vastgelegd, moet men eischen, dat de zg. toptijd, d.i. de tijd, die verloopt tusschen het

[1]) Philips techn. T. **2**, 334, 1937.

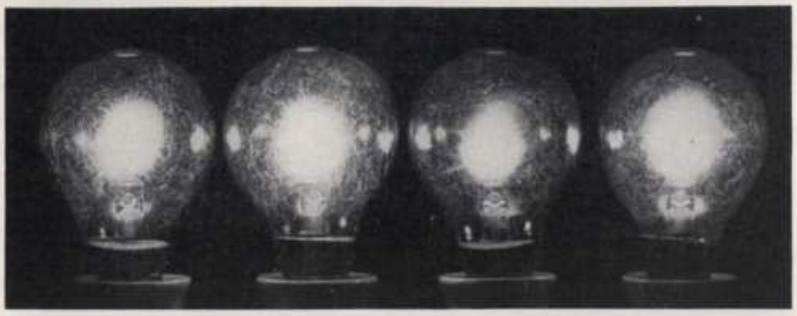
[2]) Over het instellen van een synchronisator, die een Compursluiter bedient, zie het reeds geciteerde artikel. Een instelmethode, die bij toepassing van spleetsluiters gebruikt kan worden, is beschreven in het boek: Fotografie bij kunstlicht, door J. A. M. van Liempt en P. Leydens, uitgave N.V. Lecturis, dat binnenkort zal verschijnen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

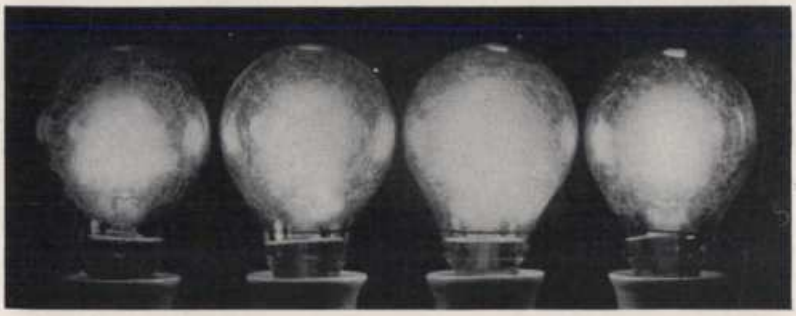
www.freeservicemanuals.info 10/29/2023



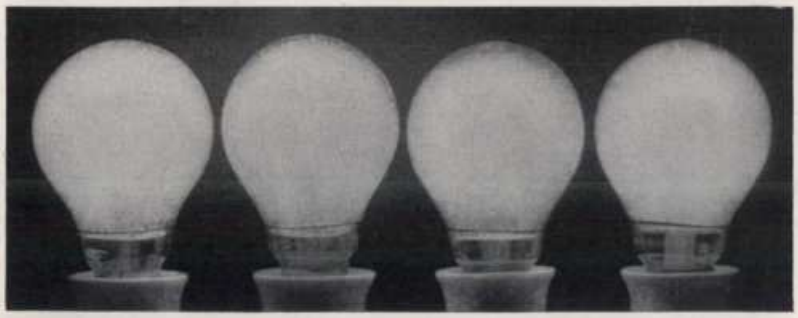
Fase 1: Begin van ontsteken.



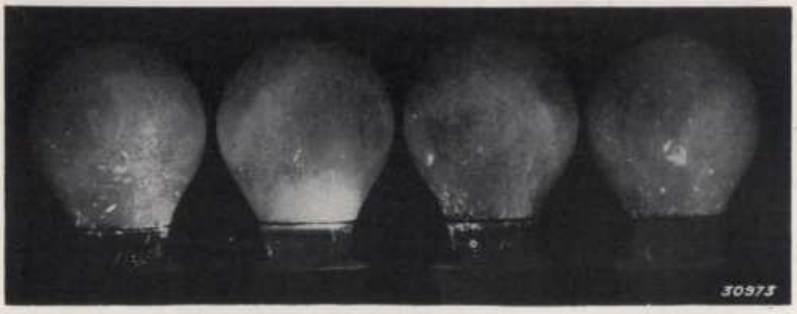
Fase 2: 0,01 sec na begin van ontsteken. De lichtende zône groeit van binnen naar buiten.



Fase 3: 0,02 sec na begin van ontsteken. De lichtende zône vult bijna de geheele ballon. Aan de wand bevindt zich echter nog een zekere hoeveelheid niet verbrand aluminium-magnesiumdraad.



Fase 4: 0,025 sec na begin van ontsteken. De lichtende zône heeft de wand bereikt. Dit is ongeveer het oogenblik van maximale lichtontwikkeling.



Fase 5: 0,055 sec na begin van ontsteken.

Fig. 1. De vijf foto's vertoonen ieder vier bliksemlichtlampen „Photoflux", type II, die gelijktijdig werden ontstoken en een bepaalde tijd daarna werden gefotografeerd met een belichtingstijd van $^1/_{200}$ sec. De foto's laten zien, hoe in alle lampen het verbrandingsproces vrijwel gelijktijdig verloopt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

inschakelen van de bliksemlichtlamp en haar maximale lichtontwikkeling, constant is [3]).

Om de constantheid van het verbrandingsproces in zijn verschillende stadia, dus ook van de top-tijd, na te gaan, werd volgende proef gedaan: Een aantal parallel geschakelde lampen werd met behulp van een zaklantaarnbatterij van 4 V gelijktijdig ontstoken. Deze lampen-combinatie (als object) werd gefotografeerd met een iris-sluiter, die op $^1/_{200}$ sec was ingesteld. Voor het tijdsverschil tusschen het ontsteken van de lamp en het openen van de sluiter werden daarbij met behulp van een instelbare synchronisator verschillende waarden gekozen.

Fig. 2. Straal, die uit een theepot komt bij het schenken in een kopje op het oogenblik dat de theestraal het kopje nog niet heeft bereikt.
Nadere gegevens:
Lichtbron: 1 „Photoflux", type II;
Afstand lichtbron tot object: 1,2 m;
Diafragma: F/11;
Belichtingstijd: $^1/_{1000}$ sec, spleetsluiter;
Materiaal: panchromatisch, $\frac{21°}{10}$ DIN.

In *fig. 1* is een reeks van foto's weergegeven, die op deze wijze zijn verkregen met telkens vier bliksemlichtlampen „Photoflux", type II. Men ziet hoe in alle stadia van het verbrandingsproces de verschillende lampen zich geheel overeenkomstig gedragen.

Dank zij de constantheid van de lamp, die het mogelijk heeft gemaakt sluiter en lamp doelmatig

[3]) Aangezien èn sluiter èn synchronisator èn de zakbatterij, waarmee de synchronisator in werking wordt gesteld, aan zekere variaties onderhevig zijn, is het gewenscht, dat de top van de licht-tijd-kromme van het bliksemlicht niet al te smal is. De lichttijdkromme van de „Photoflux", welke aan deze eisch voldoet, is weergegeven in fig. 6 van het reeds aangehaalde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

met elkaar te koppelen kan men met het bliksemlicht willekeurige momentopnamen nemen met zulke korte belichtingstijden, als vroeger bij kunstlicht alleen met een ultrasnelle filmcamera mogelijk was. in de felste zomerzon. De *figuren 2* en *3* zijn twee voorbeelden van objecten, die alleen met uiterst korte belichtingstijden kunnen worden gefotografeerd. Zooals blijkt uit de nadere toelichting

Fig. 3. Zweefsprong, opgenomen onder de volgende omstandigheden:
Lichtbron: 1 „Photoflux", type II;
Afstand lichtbron tot object: 4 m;
Diafragma: F/6,3;
Belichtingstijd: $^1/_{500}$ sec, Compursluiter;
Materiaal: panchromatisch, $\frac{21^\circ}{10}$ DIN.

Dit zal duidelijk zijn, als men bedenkt, dat een „Photoflux", type II op het oogenblik van maximale lichtontwikkeling een lichtstroom van niet minder dan ruim 2 millioen lumen ontwikkelt. Bij gebruik van een reflector komt de verlichtingssterkte op een afstand van 2 m ongeveer overeen met die in het onderschrift, heeft men bij een belichtingstijd van $^1/_{1000}$ sec nog voldoende licht om zelfs een betrekkelijk klein diafragma te kunnen gebruiken, hetgeen ten goede komt aan de dieptescherpte van de beelden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!